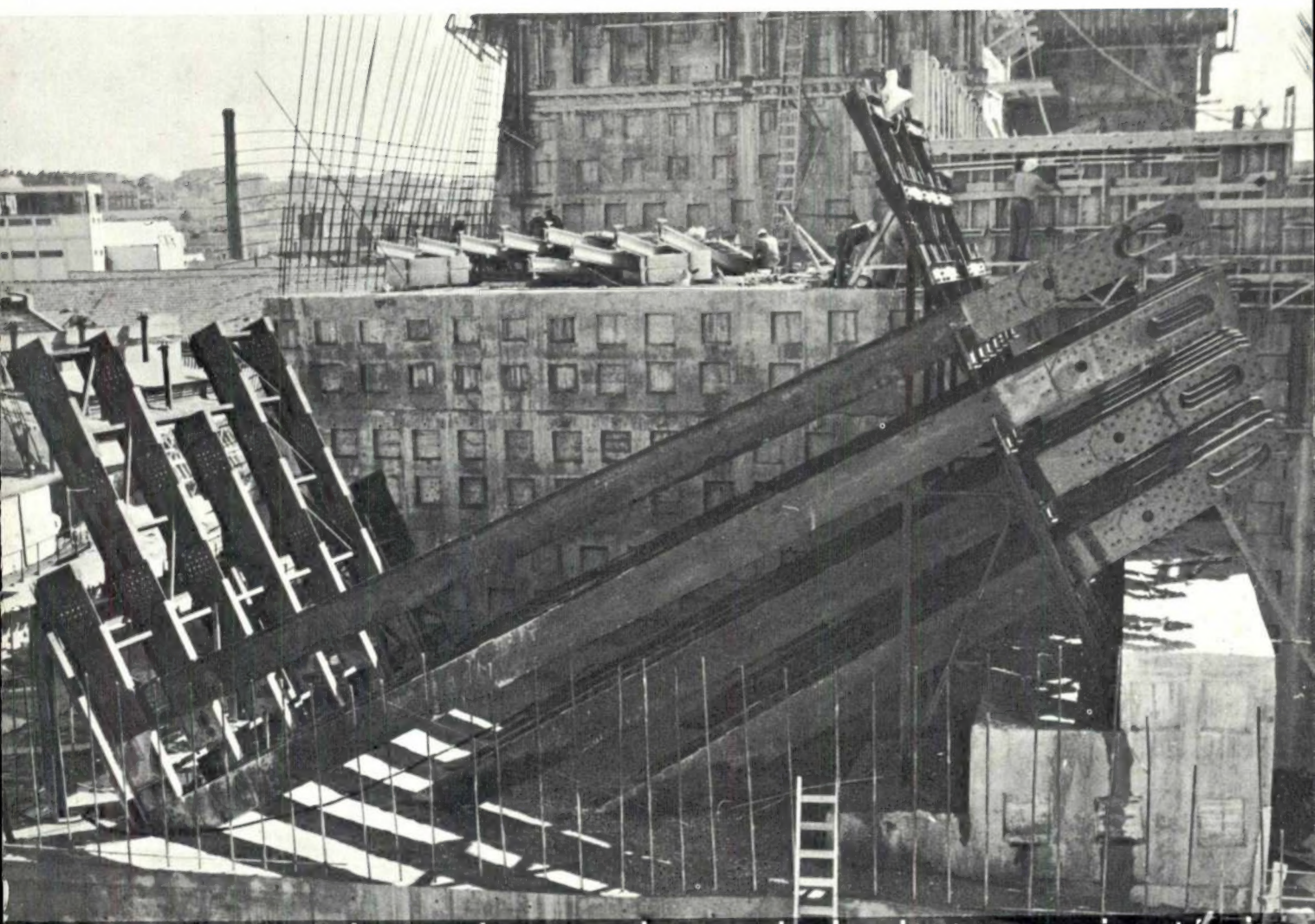
técnica



338

associação dos estudantes do instituto superior técnico

maio 1964

revista de engenharia

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

SEDE

Rua de Alexandre Herculano, 244 — PORTO

TELEFONES: 2 76 76 / 77 / 78 / 79 — Est. 90

DELEGAÇÃO

Rua Rosa Araújo, 35 — LISBOA

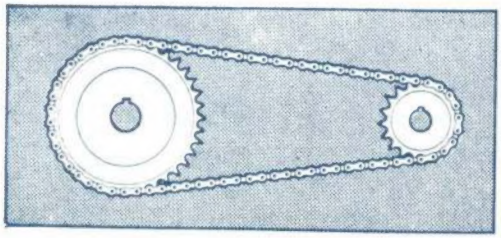
TEL.: 73 11 81/82/83/84/85/86 - 73 33 33 - 48 19 1

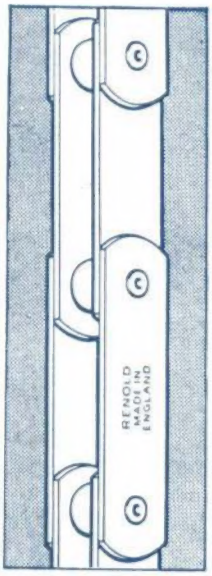
●

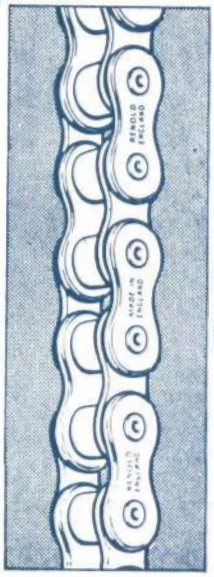
ELECTRICIDADE DO LINDOSO E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

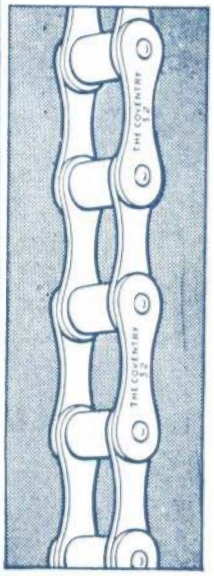
●

A **UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA** distribui, pela mais extensa rede de alta tensão em Portugal (cerca de 2 500 km), energia eléctrica em 70 concelhos, nos distritos de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU, LEIRIA, SETÚBAL e ÉVORA.









RENOLD

o PRIMEIRO nome em correntes de precisão

Representantes e depositários

HARKER, SUMNER & Ca. Lda.

PORTO	LISBOA
38, Rua de Ceuta, 48	14, Largo do Corpo Santo, 18
Telef. 27054-P.P.C. (4 linas)	*Telef. 24823*

RENOLD CHAINS LIMITED · MANCHESTER

REPRESENTANTES EM TODO O MUNDO

TÉCNICA

Ano XXXVIII - N.º 338 Maio de 1964

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-1. * TELEF. 77 54 49

DIRECTOR
J. M. VIEGAS GONÇALVES
ADMINISTRADOR
J. F. GOMES DE PINA
SECRETÁRIO
F. G. KNOPFLI BATORÉU
REDACTORES
M. HELENA ALVES
L. M. C. BARBOSA COLEN
H. L. GIRÃO PINA

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA MENSAL

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	60$00	110$00
Ultramar Português e Espanha	—	65$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

NUMERO AVULSO 15$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — PONTE SOBRE O TEJO — Aspecto da colocação das barras de ancoragem, que fazem parte do sistema de amarração dos cabos principais da ponte na margem Norte.

Págs.

Realidades e caminhos da automação industrial
Por Domingos Moura 469

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional** 476

Medidor de frequências acústicas
Por L. Marta de Sequeira 477

Repartição das potências térmicas
Por A. Leite Garcia 487

Doseamento do fósforo em adubos.
Por Maria Margarida Carmo 499

Novos domínios das técnicas de compactação e estabilização dos solos (*Conclusão*)
Por José Carlos C. da Silva Pereira 505

Do Mundo Técnico 519

Biblioteca 525

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Aguiar & Melo, Lda. XXX
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXIV
Asea Eléctrica Ld.ª XVIII
Auto-Lusitânia XXX
Azevedo & Pessi XXXIX

C

CIDEX IV
CIDLA XXIX
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos IX
Companhia Portuguesa de Trefilaria XVIII
Companhia União Fabril XIV
C. Santos, Ltd.ª . . . . . V e VI
Construções Técnicas XXVII

E

Electro-Arco, Ltd.ª IV
Empresa de Cimentos de Leiria . . XLI
Empresa Electro Cerâmica XXXVI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações XXVI

F

Fábrica Portugal II
Fanafel XVI
Fundações Franki, Lda. I

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd. . . . . . 2.ª da capa

I

I. C. I. XXXIII
Impermeábilis XXVI
I. S. T. XXXI
Isola XXXI

J

Jayme da Costa, Lda XIX
Johann Keller XXXIX

M

Pág.

MAGUE XIII
Metalúrgica Duarte Ferreira XXIV
Mobil Oil Portuguesa . . . . . 4.ª da capa
Monteiro Gomes, Lda. XXXVII

N

Novobra, Lda. XVIII

O

Orlando Fernandes XVI

P

Papelaria Fernandes XXXVIII
Philips XX
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

Q

Quimicor, S.A.R.L. VII

S

Siemens XV
SMEIA XXIII
Sociedade Comercial Romar XXVIII
Soc Const. Amadeu Gaudêncio . . XXXII
Soc. Electron . . . . . XXVI e XXX
Sociedade Portuguesa Cavan VIII
Sociedade Portuguesa de Válvulas XII
Sonorte XL
Sondagens e Fundações, A Cavaco . IV
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXII
Sorval XLII
Standard Eléctrica VII
S. T. E. T. XXI

T

Telemec XXX
Torrens XXXII

U

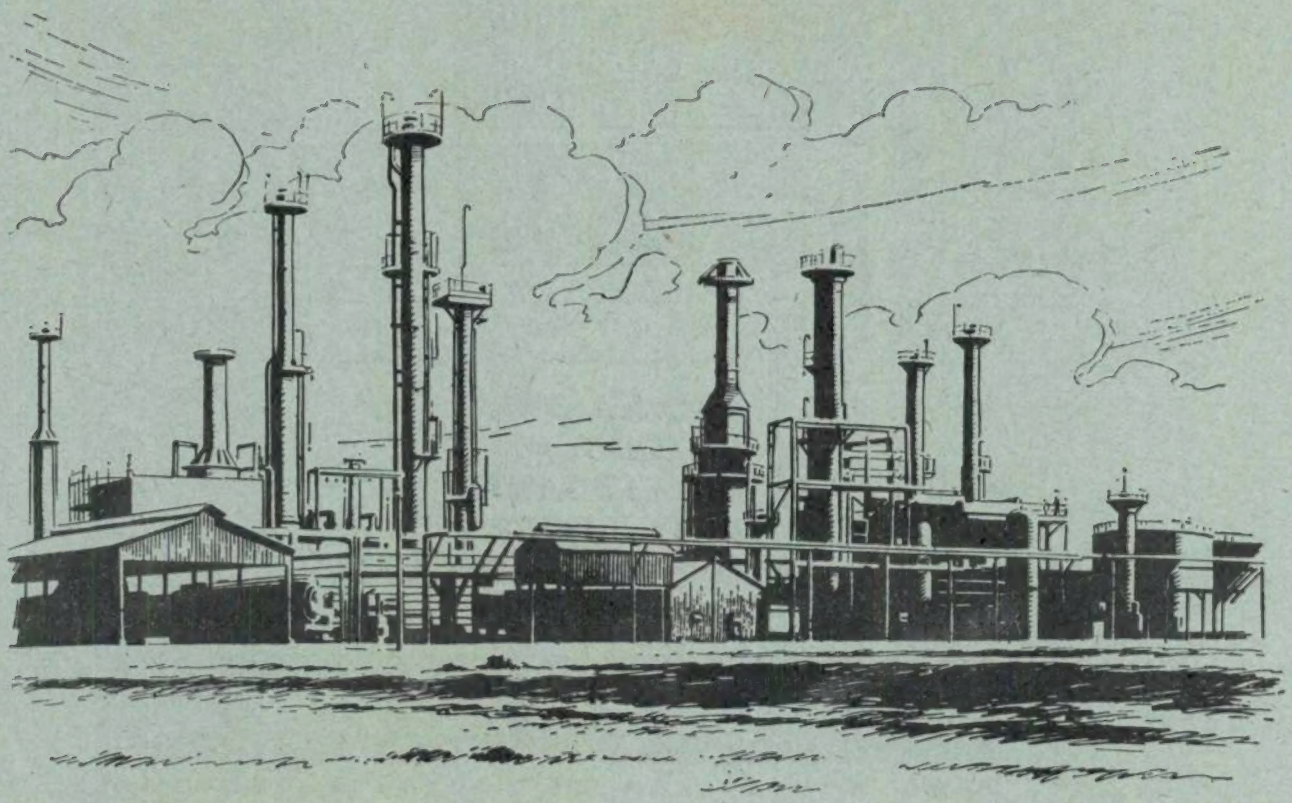
União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

V

Vasco Pessoa, Lda. XVIII

W

Wild Portugal, Lda. XXV
W. Schmidt XXXVI



Refinaria da Sonarep
(Matola — Moçambique)

Assente sobre

ESTACAS FRANKI

•

FUNDAÇÕES FRANKI, L.DA

Rua Braamcamp, 13, 3.°
LISBOA

★

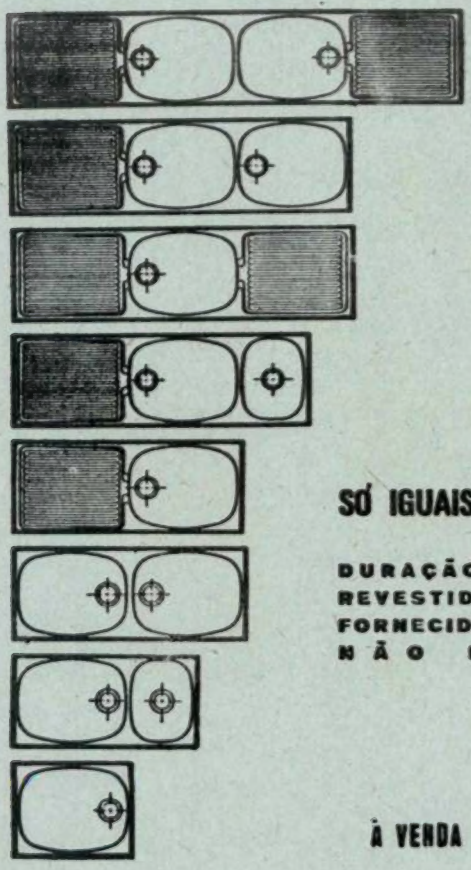
Telef. PPC 734112
End. Teleg. «FRANKI»

USE NA SUA COZINHA UM ELEGANTE LAVA-LOUÇAS DE AÇO INOXIDÁVEL

CONCEBIDO PELA

FABRICA PORTUGAL

PARA MODERNIZAR OS LARES DE PORTUGAL



APRESENTADOS EM

8 MODELOS

"STANDARD"

EXECUTAM-SE FORA DE SÉRIE, MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES

SÓ IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

DURAÇÃO ILIMITADA • HIGIÉNICOS
REVESTIDOS DE ISOLAMENTO ESPECIAL
FORNECIDOS COM SIFÃO DE SEGURANÇA
NÃO PARTEM A LOUÇA

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE

TECNICA 11

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS AO SERVIÇO DA ENGENHARIA PORTUGUESA

GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

RUA JARDIM DO REGEDOR, 24, 2.º
LISBOA
TELEF.: 32 43 14 — 32 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

Bombas centrífugas «PACIFIC»

Construídas por

Batignolles - Chatillon

Especialmente destinadas para:

— Petróleos
— Indústrias químicas
— Construções navais
— Centrais eléctricas
— Alimentação de caldeiras
— Etc., etc.

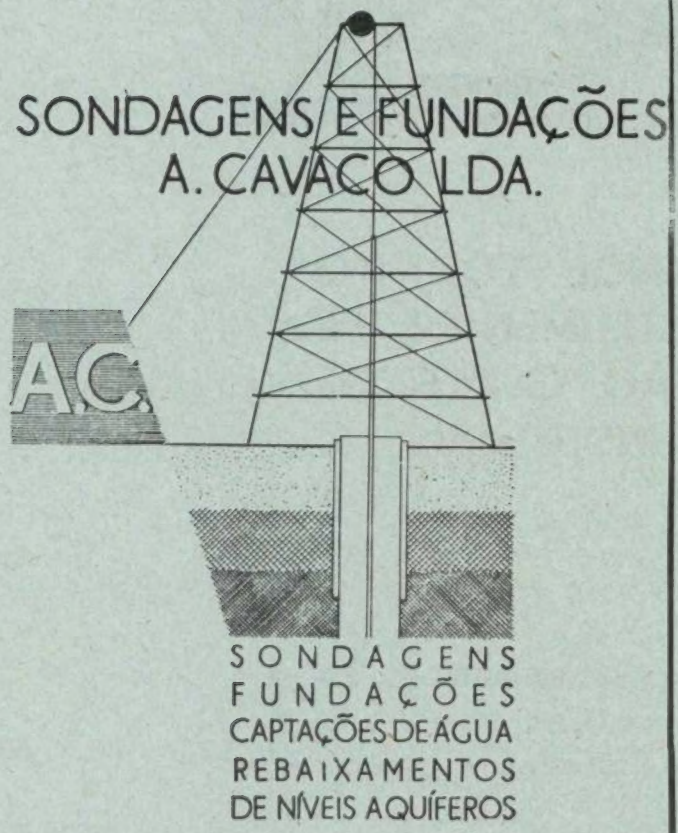
Sob as condições de funcionamento seguintes:

— Débitos: 1 m³/h a 10.000 m³/h
— Pressões: altas e baixas
— Temperaturas: −180° C + 600° C
— Líquidos: corrosivos ou não

Para estudos e orçamentos, consultar o representante em Portugal:

CIDEX — Comércio Internacional
e Representações Industriais, Lda.

Av. Casal Ribeiro, 46-2.º/Telef. 73 53 07/LISBOA 1



RUA RODRIGO DA FONSECA 62 R/C • LISBOA
TELEF. 53873-45451-57751-59562

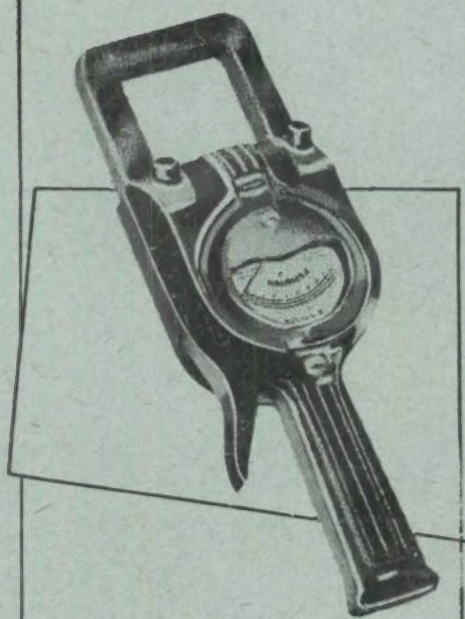
ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT — AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

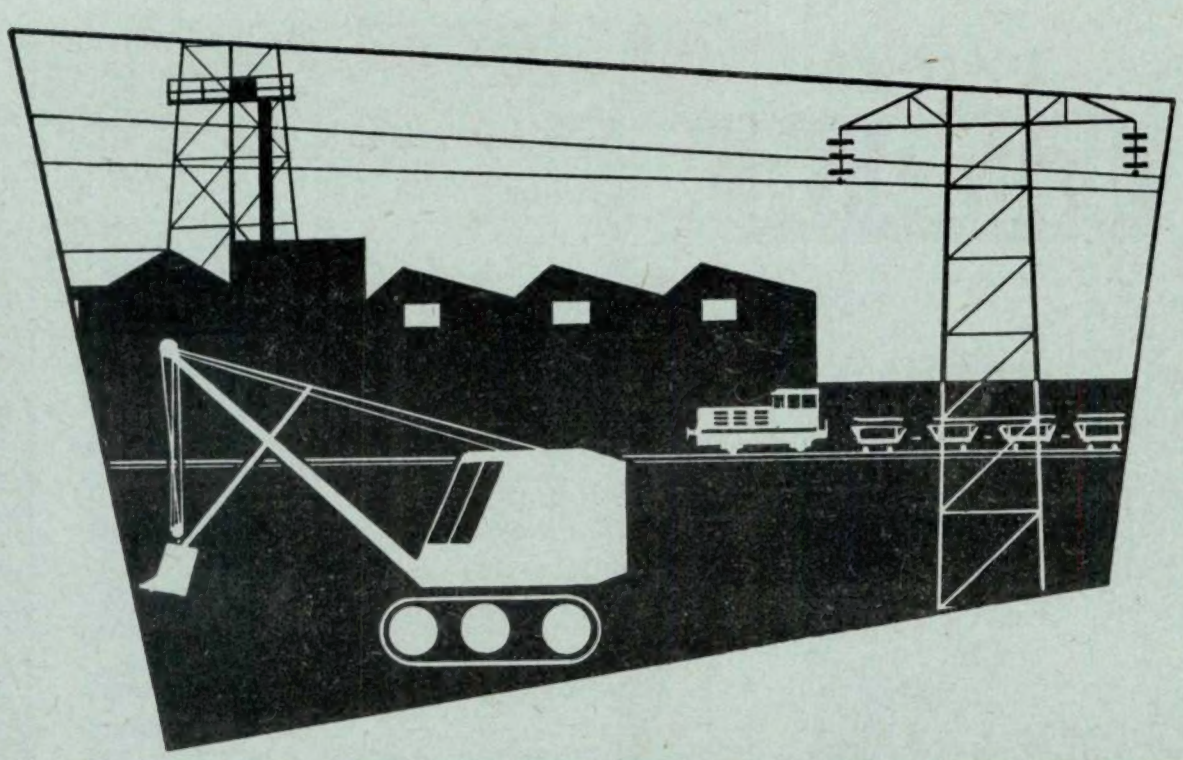
0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS, S. A. R. L.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL
AVENIDA DA LIBERDADE, 29-41 — LISBOA
160, RUA STA. CATARINA, 168 — PORTO



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS, S. A. R. L. — DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

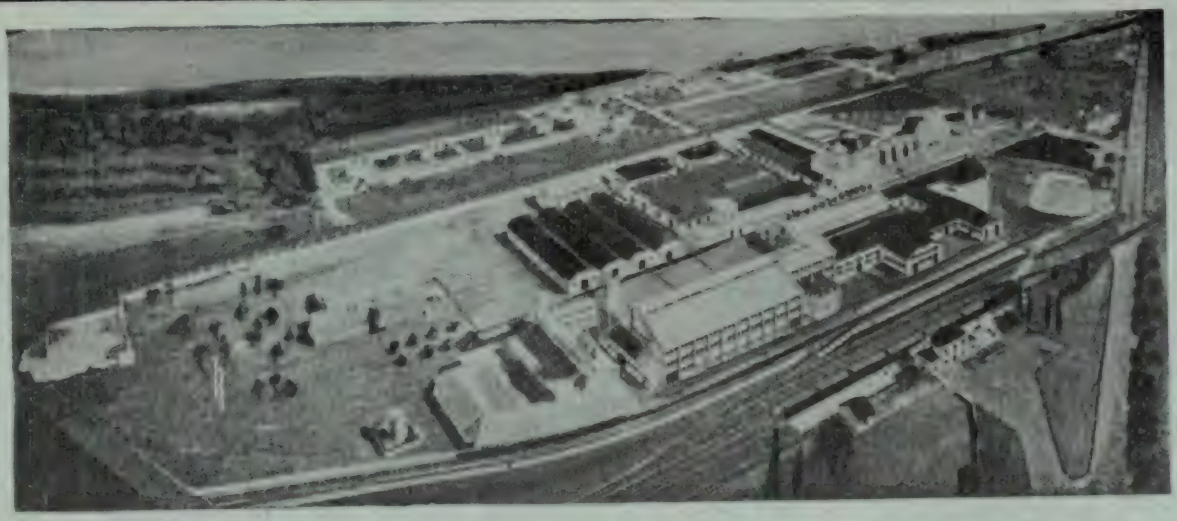
✱

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

✱

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A
TELEF. 47812-50129
LISBOA



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CÁLCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 6 72 22

SEDE
Largo de S. Carlos, 4 2.º — LISBOA
Telefones 32 53 43 - 3 55 56 - 36 89 89

Celulite

ISOLAMENTO TÉRMICO DAS CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS

*

TECTOS

*

PAREDES

*

CÂMARAS FRIGORÍFICAS

*

ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. • RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º • TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS

IMPERMEABILISADOR

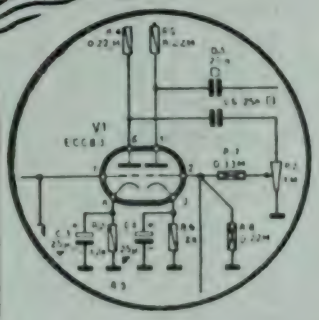
IMEPA

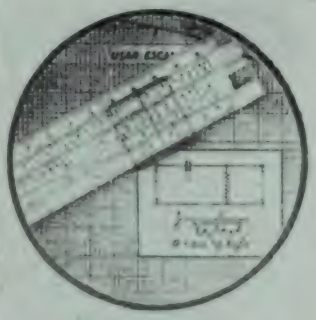
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º - LISBOA

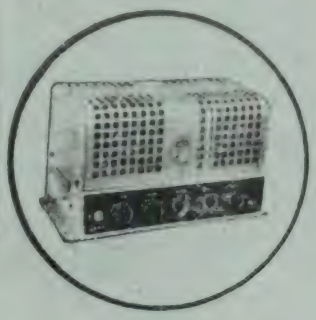
FÁBRICA EM SACAVÉM

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE SOM

BEM CONCEBIDO
BEM CALCULADO
CONSTRUIDO







LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua Sá da Bandeira, 766-1.º E.
Tel. 2 48 18 — PORTO

válvulas

- passagem
- retenção
- regulação
- cunha

PARA LÍQUIDOS, VAPORES E GASES (INCLUINDO NH_3 E SO_2) EM

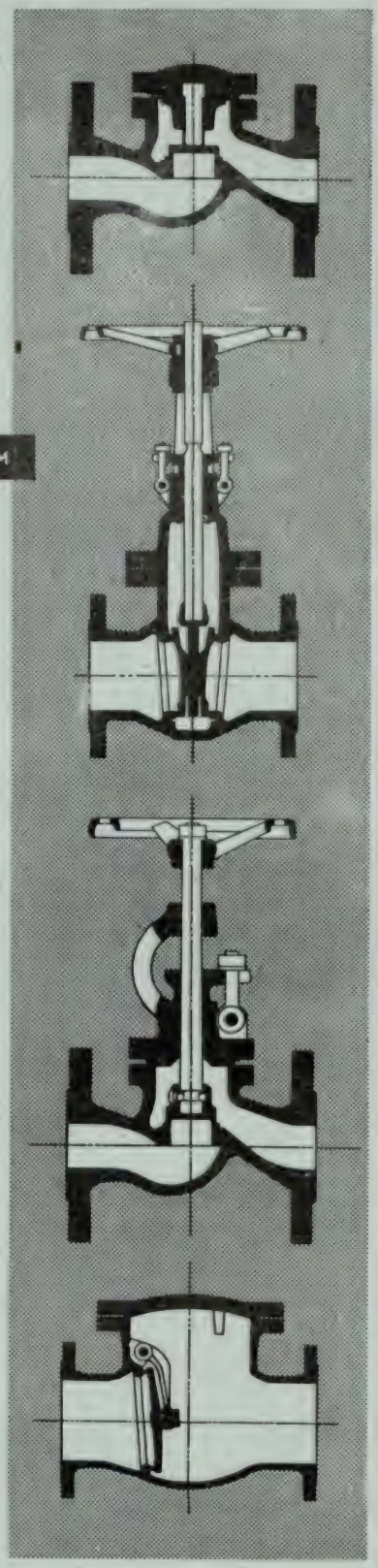
ferro fundido
ferro fundido com grafite esferoidal
aço vasado
aço inoxidável

DN 10 mm até 600 mm **PN 6 a 40 kg/cm²**

conforme as normas **DIN** e **ASA**

VÁLVULAS DE SEGURANÇA, DE REDUÇÃO, ELECTROMAGNÉTICAS E VÁLVULAS ESPECIAIS

- estudos
- projectos
- orçamentos
- assistência técnica



SOCIEDADE PORTUGUESA DE VÁLVULAS, LDA.
RUA DA ACADEMIA DAS CIENCIAS, 5 — LISBOA 2
TELEFONE: PPCA 31710—5 LINHAS

TÉCNICA

DIRECTOR: J. M. VIEGAS GONÇALVES ADMINISTRADOR: J. F. GOMES DE PINA
SECRETÁRIO: F. G. KNOPFLI BATORÉU

Ano XXXIX — N.º 338 Maio de 1964

C. D. U. 65.011.5

REALIDADES E CAMINHOS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

POR DOMINGOS MOURA
1.º Assistente do I.S.T.

I

1. — Em Maio de 1959, numa sessão do Instituto de Automática e Telemecânica da Academia de Ciências da U. R. S. S., o russo B. M. Kedrov notava que «não é a aplicação prática da energia nuclear que constitui uma nova revolução técnica, mas sim o desenvolvimento do automatismo, que, apoiado, na cibernética permite dar aos processos técnicos de fabrico a faculdade de se conduzirem por eles mesmos, confiando-se assim a mecanismos algumas das funções mentais até agora desempenhadas pelo homem».

Este enunciado, apresentado como uma evidência, e como uma evidência aceite pelo auditório constituído pelos mais categorizados especialistas russos, não está, ainda, apreendido na sua verdadeira dimensão pelas elites do mundo ocidental. As realizações e as promessas da automação têm sido vulgarizadas em linguagem de ficção científica; as suas possibilidades e limitações discutidas com mais paixão do que lógica; uma apreciação simplista dos seus reflexos sociais provocou, até, uma reacção dos sindicatos americanos contra a difusão do automatismo industrial.

É certo que o projecto dos sistemas automáticos obriga a manejar instrumentos matemáticos complexos e só está ao alcance de especialistas longamente treinados. Mas na avalanche de projectos e realizações apresentados todos os meses pelas revistas da especialidade, e apregoados em congressos e exposições é possível entrever em que rumo se tem orientado a generalidade dos esforços, quais os factores que estão a dificultar o avanço e quais as tendência que, com alguma segurança, se podem antecipar.

É, precisamente, esse panorama da automação industrial que se vai tentar. Procurar-se-á não acentuar os aspectos espectaculares das realizações quando não forem significativos. E quanto a tendências não se pode esquecer que «nada há mais fácil do que as antecipações e discuti-las é em geral, estéril» (A. Le Lan).

2. — Quando se accionou a ferramenta por energia exterior ao homem, transformou-se a ferramenta em máquina.

Para mover as máquinas usou-se, primeiro, a energia do animal, do vento e da água; mais tarde dos materiais combustíveis; agora das marés, da radiação solar, das transformações do átomo.

Este artigo, baseado numa conferência feita em Maio de 1961, no Centro Nacional de Cultura, foi preparado, e chegou a ser impresso, para publicação na revista «Cidade Nova». Contudo, dificuldades de vária ordem, impediram a saída do número da revista a que o artigo se destinava.

O progresso científico dos últimos dois séculos possibilitou o aproveitamento em grande escala da energia dos combustíveis e da água e ofereceu-a cem vezes mais barata do que a oferecia o braço do escravo. A ferramenta e o escravo foram substituídos pela máquina e as máquinas introduziram-se macissamente na produção. Porém os homens continuaram a fazer parte das cadeias de fabrico para realizar aquelas operações em que o operador humano parecia ser insubstituível:

a) Para as operações de *controle* — vigiando o funcionamento das máquinas.
b) Para as operações de *transferência* — transportando os produtos de umas máquinas para outras.
c) Para as operações da *gestão* — estabelecendo as decisões mais convenientes à economia do ciclo produtivo.

Porém, as máquinas infatigáveis e rápidas impuseram aos homens, encarregados do controle e das transferências, um ritmo de actividade que não lhes era adequado. Muitos homens não suportaram as novas condições de trabalho. É inesquecível a trágica imagem do operário (Charlot) em *Tempos Modernos*, obrigado a acompanhar o ritmo de uma cadeia transportadora.

A automação vem libertar o homem do ritmo desumano imposto pelas máquinas. Vai-o libertando pela criação de:

a) Comandos em circuito fechado (feedback) — que substituem os operadores humanos encarregados das operações de controle.

b) Sistemas de transferência — que transportam os produtos ao longo das cadeias de produção.

Às técnicas afins da automação se devem ainda certos órgãos mecânicos de cálculo — os computadores — que substituem os cérebros humanos encarregues de encontrar as decisões mais convenientes.

3. — Uma das características actuais da técnica é a automação de processos parciais de fabrico pelo uso — simultâneo ou não — de sistemas de transferência, «feedbacks» e computadores. Em cada um destes sistemas os progressos realizados têm sido espectaculares, embora mais no domínio da teoria do que no das aplicações industriais válidas. Porém, a integração dos vários processos automáticos de modo a realizar uma fábrica completamente automática é, ainda hoje, uma raridade.

Um relatório sobre os problemas gerais da automação, publicado em Inglaterra e cuja tradução foi editada em França em 1959 [1] cita apenas dois casos de fábricas completamente automatizadas: a fábrica Bartrev, no Essex, Inglaterra, que fabrica aglomerados de madeira, para construção, e uma fábrica de êmbolos para motores na U. R. S. S. Depois de 1959 as revistas da especialidade não têm referido qualquer novo fabrico cuja automação se tenha, de facto, completado. Algumas razões se indicarão adiante para este aparente não aproveitamento das possibilidades técnicas.

Se a automação integral é, ainda, rara, a automação de processos parciais de fabrico caracteriza muitas das realizações técnicas actuais. É muito conhecida (até pelo cinema) a automação de certas fases do fabrico de automóveis na «Régie Renault», mas menos conhecida talvez a expressão numérica dos resultados obtidos: o número de carros produzidos aumentou 5 vezes mais do que o número de operários. Em 1948 o fabrico de um 4 CV obrigava a 101 horas de máquina-ferramenta, em 1958 apenas a 28 horas. E isto com melhoria na precisão das peças fabricadas e redução da percentagem de peças inutilizadas.

Tudo isto foi conseguido graças a uma elevação da qualidade do pessoal técnico. No período 1948/1958 o número de empregados nos gabinetes de estudo da Régie Renault triplicou e o número de empregados pagos ao mês duplicou. O que se reduziu em proporções, que seriam incríveis em 1939, foi a mão-de-obra não qualificada. Robert Buron, que em 1950 era em França, o Ministro das Obras Públicas e Transportes, tinha razão em afirmar que «a automação não tem como consequência imediata e necessária aumentar os períodos de repouso do homem. Reduz-lhe de facto a fadiga

física e aumenta o seu nível de vida, mas implica a sua promoção no plano intelectual. Ora esta promoção só é conseguida com um aumento notável do tempo consagrado ao estudo e à especialização técnica».

4. — Uma referência ao uso de certos órgãos mecânicos de cálculo — os computadores.

Os computadores têm sido aplicados para auxiliar as decisões administrativas e nos gabinetes de estudos, para os projectos mais complexos. De facto, os computadores permitem, com extraordinária rapidez, ensaiar numerosas soluções seleccionando a melhor. Anteriormente, muitos problemas não se aprofundavam porque a respectiva quantificação exigiria, durante meses, o trabalho de várias equipas de matemáticos e calculadores. Os computadores realizam esse trabalho em poucos minutos e a obtenção da solução óptima passou a estar no domínio das possibilidades.

Encontramos aqui uma tendência que há interesse em acentuar. A intuição e a imaginação continuam a ser as mais elevadas prerrogativas do espírito. Entre milhares de milhões de soluções possíveis o homem de génio intui a mais acertada e faz avançar um passo a fronteira do conhecimento.

O computador não intui. Mas pode analisar com uma rapidez incrível os milhares de milhões de soluções possíveis e em poucos minutos indicará a mais conveniente.

Em muitos domínios técnicos uma geração de novos engenheiros peritos no manejo de computadores está a substituir os quadros de engenheiros mais idosos, cuja experiência e intuição técnica começam a valer pouco.

Não se afirma que as intuições do homem de génio sigam o mesmo processo do computador. Também não é certo que não sigam. Apenas interessa notar que as estruturas da utilização da inteligência ao serviço da produção vão ser alteradas.

5. — Os controles em «feedback» — isto é, *os comandos em circuito fechado* — são os mais característicos dos sistemas auxiliares da automação. Os comandos mecânicos em circuito fechado e nesta designação incluímos também os órgãos electromagnéticos, hidráulicos e pneumáticos imitam, funcionalmente, o operário encarregado de um controle.

De facto o operário vigia o produto que sai da máquina; quando a qualidade (cor, espessura, acabamento, p. ex.) se afasta do padrão fixado o operário corrige a máquina de modo a conseguir que o produto volte a sair com as características desejadas.

Uma reflexão atenta permite descrever o processo com mais precisão: os olhos do operário recebem uma informação sobre a qualidade do produto; o nervo óptico transmite a informação ao cérebro; o cérebro compara esta informação com a característica pretendida; se há uma diferença — um erro — o cérebro envia uma ordem aos músculos do operário que actuam sobre a máquina, corrigindo o erro.

Quando se guia um automóvel acontece o mesmo: os olhos transmitem ao cérebro a posição do carro. O cérebro compara em todos os instantes a posição do carro com os limites da estrada. Se a posição e direcção são inconvenientes o cérebro envia aos músculos uma ordem para actuarem no volante. Guiar é essa correcção constante da direcção resultante da comparação entre o caminho observado e a posição do carro. Como todas as operações de controle é um «dialogar com o acaso» (Dubarle).

Utilizar os comandos em circuito fechado consiste precisamente em encarregar sistemas mecânicos desse diálogo permanente com o acaso.

Os olhos do operário são substituídos por sistemas que medem as características do produto e transformam essa medida num sinal eléctrico: pares termo-eléctricos que medem temperaturas, válvulas que medem pressões, apalpadores eletromagnéticos que medem espessuras, dinamómetros que medem pesos, células foto-eléctricas que distinguem posições ou cores. Os sinais eléctricos obtidos, são comparados — o que é fácil — com sinais eléctricos de referência. Se há diferenças — *erros* — essas diferenças são amplificadas e vão comandar os servo-motores que regulam a máquina.

É esta a essência dos comandos em circuito fechado. É a saída que em retroacção — «feed-

back» — vai comandar a entrada. O seu princípio é inspirado no comportamento dos operadores humanos que substituem, mas com vantagem: são infatigáveis, serão tão exactos quanto se quiser e podem ser mais baratos.

Assim funcionam hoje todos os reguladores, as torres de tiro, os pilotos automáticos de navios e aviões, os sistemas de climatização, os comandos das grandes indústrias químicas, de fábricas de papel, dos trens de laminagem da siderurgia, das caldeiras dos reactores nucleares.

A teoria destes operadores mecânicos em «feedback» está hoje claramente estabelecida, pelo menos para os operadores mecânicos lineares. E foi natural a tentação de aplicar aos operadores humanos essa teoria e respectivos métodos de análise. Os resultados se não foram surpreendentes, foram, pelo menos, impressionantes. As curvas e características que se obtiveram com o homem eram semelhantes às que se obtinham com os comandos mecânicos mas correspondiam a sistemas lentos e de má qualidade [2].

Isto explicou o que já se tinha verificado: as possibilidades do homem tocavam os seus limites ao tentar acompanhar com tiro antiaéreo um avião evoluindo ràpidamente ou ao pilotar um avião nas velocidades supersónicas. Para acompanhar e responder a variações muito rápidas, o homem já não é um operador seguro, só os operadores mecânicos em circuito fechado são suficientemente rápidos e precisos.

II

6. — Um relatório francês sobre o Congresso Internacional de Automatismo realizado em Madrid em fins de 1958 [3] notava que não devia causar admiração não ter havido novidades sensacionais quanto a realizações de automatismo industrial nos dois anos que haviam decorrido após o anterior congresso. E pretendia explicar: «é fácil automatizar no papel mas é muito mais difícil automatizar na prática vencendo as tradições longamente estabelecidas e imobilizando os enormes capitais necessários».

Esta explicação refere as duas mais importantes ordens de dificuldades que se têm oposto à automatização. Isto, se englobarmos na oposição dos técnicos mais tradicionalistas, as boas razões que eles têm a seu favor — o que não se sabe se estaria no espírito do redactor da notícia.

As realizações do automatismo industrial estão ainda longe de oferecer — na generalidade dos casos — uma elevada segurança de funcionamento. Os esquemas extremamente complexos tornam demorada a reparação de avarias. E estas são frequentes nos delicados órgãos que os constituem. Acresce que — mesmo nos países tècnicamente mais adiantados — há escassez de técnicos capazes de prestarem uma assistência eficiente. A escassez destes técnicos de nível médio é talvez mais grave do que a tão falada escassez de engenheiros capazes de construir os comandos automáticos.

O Director-Técnico de uma grande fábrica francesa de máquinas ferramentas (a Sté. Ernault--Batignolles) notava que «quaisquer que sejam as antecipações aceitáveis mantêm-se as nossas dificuldades presentes que nada têm de antecipado. Tais dificuldades podem parecer desprezíveis, sórdidas, perante as brilhantes perspectivas do pleno automatismo, mas existem e enquanto não forem resolvidos são um dado fundamental».

O Eng. Le Lan — autor das palavras que acabo de citar nota que para o trabalho dos metais poder ser completamente automatizado falta resolver bem dois *pormenores*: domínio da irregular produção das aparas e arranjo dum alarme que avise quando se fractura a ferramenta.

Hoje, para aumentar o rendimento do trabalho com as máquinas-ferramentas, já não se procura reduzir os tempos de corte (para além das melhores realizações actuais, as reduções possíveis são da ordem da fracção de segundo). O que se procura reduzir são os chamados «tempos mortos» necessários à mudança da peça trabalhada, de máquina para máquina. Ora uma das mais prometedoras esperanças da automação consiste precisamente nesta transferência das peças em curso de fabrico, de máquina para máquina, sem intervenção do operário. Mas um aceitável rendimento dos sistemas de transferência, nesta aplicação particular, continua difícil de conseguir enquanto não se resolverem os dois problemas apontados: irregularidade da produção das aparas e alarme em caso de fractura.

O exemplo apresentado ilustra bem o tipo de dificuldades que se encontra: problemas aparentemente simples — e por isso não têm merecido a atenção dos investigadores de nível mais elevado — estão por resolver, e dificultam a aplicação de uma teoria inegàvelmente fecunda e brilhantemente estabelecida.

7. — Outra oposição à rápida difusão do automatismo industrial provém da própria estrutura económica, nos países ocidentais.

É um truismo o afirmar que para a automação são necessários investimentos muito elevados, e que é difícil adaptar uma linha de fabrico automático a uma fabricação diferente daquela para que foi construída.

Destas premissas impõe-se a conclusão: só produções de muitas peças iguais permitem amortizar os equipamentos automáticos.

Ora a procura, nas economias de mercado, está sujeita a todas as flutuações do gosto e da moda. A evolução do nível de vida e o progresso técnico estão constantemente a alterar hábitos e necessidades. Perante tanta incerteza temos de compreender as hesitações do industrial em investir milhões, em equipamentos, que tão imprevisíveis mudanças podem condenar à inutilidade.

Sob este aspecto as economias de direcção central apresentam vantagens que parecem importantes: o planeador pode, com confiança, destinar enormes capitais para construir fábricas automáticas. A disciplina dessas economias garante os consumos pelo tempo que for necessário. Como consequência as reduções de mão-de-obra permitidas pela produção automatizada podem aproveitar-se plenamente. E, o que é mais importante ainda: as fábricas de produção automática amortizadas pelo consumo interno, podem oferecer produtos quase pelo custo das matérias-primas e da energia, na concorrência internacional. É certo que tais produtos não acompanharão — em prazo curto — as caprichosas evoluções do gosto e da moda. Mas num grande mercado do futuro — as populações sub-desenvolvidas da Ásia, da África e da América do Sul — ainda se anda descalço, quase nú e passa-se fome. Esses clientes começarão por querer comprar sapatos, roupas e alimentos, pelo menor preço e sem grandes exigências de qualidade.

A expansão dos fabricos automáticos levará a alterações nas formas tradicionais dos objectos — alterações que facilitem o fabrico. Tais alterações que os industriais do ocidente só poderão impor pelo preço de uma publicidade gigantesca, não trazem um minuto, sequer, de preocupação ao planeador socialista. Aqui ainda encontramos uma vantagem a favor das economias de direcção central.

Estes aspectos económicos da automação não estão felizmente a ser admitidos, pelas economias de mercado, como uma fatal desvantagem. Uma solução possível parece ser a criação de orgãos automáticos de utilização genérica — verdadeiros escravos mecânicos dotados de amplos e variados movimentos, sensíveis a sinais de diferentes naturezas e adaptáveis a diferentes tipos de máquinas.

É neste sentido que estão a ser feitos sérios esforços nos E.U.A. A criação porém, de tais autómatos obriga a repensar profundamente a essência das operações de produção. Há que encontrar a estrutura lógica essencial de ciclos produtivos muito diversos. E para começar haverá talvez, que criar instrumentos lógicos novos.

III

8. — «Que se poderá dizer das possibilidades e limitações das máquinas automáticas? A cibernética é, ainda, incapaz de nos esclarecer, neste particular. Mas estamos a verificar que o campo de acção da matéria inerte se alarga todos os dias e será, em vão, que hoje se pretenderá limitá-lo por afirmações apriorísticas cujo valor é sempre de ordem puramente sentimental».

Estas afirmações foram feitas num congresso recente pelo Prof. Georges Boulanger, professor da Universidade de Bruxelas, Presidente da Associação Internacional de Cibernética. Mas não se podem aceitar sem fortes reservas. Não parece que seja a Cibernética a poder-nos algum dia definir as limitações da máquina. E se há algo a classificar de sentimental é o entusiasmo transbordante dos cibernéticos pelas faculdades de aprendizagem e aperfeiçoamento, dos seus autómatos.

Perante as recentes formulações da teoria não parece legítimo pôr em dúvida a possibilidade de sistemas mecânicos se auto-adaptarem a variáveis condições exteriores. Igualmente, sistemas mecânicos, seguindo caminhos não previstos pelo seu criador, poderão propor a construção de sistemas mecânicos mais perfeitos. Neste terreno as máquinas indeterminadas, as chamadas máquinas Markhovianas constituem uma das mais prometedoras aberturas na fronteira do conhecimento.

Porém a coincidência formal entre estas realizações e certos processos mentais não legitima o afirmar a possibilidade de se criarem máquinas capazes de pensar.

Assistimos — é certo — à sucessiva entrega a órgãos mecânicos de funções cerebrais. Daí a prever-se a criação de cérebros artificiais capazes de pensar vai um passo. Mas um passo sobre um abismo e que nada do que conhecemos nos autoriza a dar, pelo menos em nome da Ciência.

O neurologista francês Pierre Cossa apresenta como uma das razões da impossibilidade do cérebro artificial (além de outras razões mais sólidas) o desconhecimento do neurofisiologista quanto aos percursos e ligações das formações nervosas; Shannon e Mc Culloch referem as enormes diferenças de dimensões. Razões deste tipo são precárias.

Numa conferência pronunciada em Lisboa o Prof. Lehmann informou que muitos investigadores estão a procurar realizar estruturas electromagnéticas, mais concentradas do que as estruturas cerebrais, em que a velocidade de transmissão de informações seja milhares de vezes mais rápida do que através de fibras nervosas.

Isto significa que se procura — e vai-se conseguir, não há dúvida — a realização de um material muito superior ao tecido cerebral.

Para quem identificar cérebro com pensamento e conhecimento, a conferência do Prof. Lehmann era o apavorante anunciar da próxima chegada dos autómatos supra-humanos.

O cérebro porém, é apenas um instrumento do pensar. A máquina pode substituir o instrumento mas a máquina não tem consciência «a consciência que permite ao homem perceber que percebe, conhecer que conhece, pensar que pensa e resolver pensar» (A. Valensin). O cérebro humano poderá ser ultrapassado quanto à velocidade e complexidade das operações que efectua. Mas ao homem continuará reservado o propor problemas e reflectir sobre os resultados.

9. — É curioso que — embora por razões muito diferentes — os teóricos do marxismo-leninismo acompanhem o pensamento cristão na negação da *máquina que pensa*.

É esclarecedora a seguinte transcrição de uma comunicação de B. M. Kedrov à Academia de Ciências da U. R. S. S.:

«... A transmissão à máquina de algumas funções que eram desempenhadas pelo cérebro, não significa que lhe seja transmitida a aptidão para um pensamento autónomo, para o sentimento, etc. O pensamento é próprio da matéria altamente organizada — o cérebro — cuja aptidão para tomar consciência do mundo que o cerca e de ele próprio, o distingue do mundo exterior.

Esta aptidão não se encontra na máquina, nem mesmo nos animais... Da transmissão à máquina de algumas funções do cérebro humano, não se pode tirar precipitadamente a conclusão de que é possível transmitir-lhe todas as suas funções incluindo a aptidão do cérebro para criar e pôr em acção os meios de transmitir algumas das suas funções à máquina».

Não interessa aqui discutir as afirmações transcritas. Apenas se nota que só uma reflexão metafísica nos permitirá entrever as limitações da cibernética.

No seu esclarecedor ensaio *A cibernética. Do cérebro humano aos cérebros artificiais* o Prof. Cossa nota quanto continua a espantar que os cibernéticos afirmem, sem o confessar, essa posição metafísica. Quando um cibernético encontra tão fàcilmente, no comportamento do seu autómato, a imagem de um comportamento livre, é porque para ele todo o comportamento é, afinal, determinado e não pode ter senão uma aparência de liberdade. E pergunta se nesta apreciação não intervirá um outro elemento ainda mais profundamente inconsciente: uma espécie de animismo maquinista que leva a divinizar a máquina [4].

10. — Não é preciso extrapolar abusivamente para afirmar que a automação revolucionará o mundo.

A transformação por ora sente-se mais no domínio das ideias do que na criação de máquinas verdadeiramente novas.

De facto automação e cibernética são essencialmente uma corrente de ideias a que, aliás, já se devem novas dimensões do pensamento científico. Inicialmente elas apelaram para a análise matemática superior, para as lógicas avançadas, mas cedo todo este ferramental se revelou insuficiente. A procura de instrumentos matemáticos mais gerais começou a ser um método frequente de investigação e nessa procura o uso dos computadores está a apresentar perspectivas inesperadas.

O Prof. Donald Campbell de Massachusets Institut of Technology afirmava no Congresso de Paris de 1950 que «quem ganhar a batalha do automatismo será o senhor do mundo». Pode não parecer evidente que o predomínio económico dependa apenas do triunfo numa técnica particular. Mas é evidente que a utilização das técnicas automáticas vai ser essencial para não se ficar atrasado e se poder competir em concorrência internacional.

O ignorar os avanços e viver de costas voltadas para as possibilidades que outros aproveitam traz, como primeira consequência, o ser-se a cada momento ultrapassado pelos que não desperdiçam as oportunidades que a aceleração das técnicas lhes oferece.

Nunca a humanidade viveu tão preocupada e nunca como agora acreditou que valia a pena preocupar-se. Na despreocupação dos nossos antepassados — e tantos contemporâneos são mentalmente antepassados — estava implícito um reconhecimento fatalista da impossibilidade do homem modificar os condicionamentos existentes. Na preocupação dos homens de hoje está implícito um acto de fé na possibilidade de ràpidamente melhorar as condições do mundo que vive. Com todas as limitações que se expuzeram, as técnicas da automação dão um apoio sólido a esse acto de fé.

No texto referem-se os seguintes trabalhos:

[1] «Vues sur l'automatisme» — Tradução do relatório redigido pelo «Department of Scientific and Industrial Research Of U.K.» — Ed. Dunod, 1959.

[2] «H. Kretz — «De l'introduction de l'operateur humain dans la boucle fermée des systèmes asservis» — na Revista *Docaero, n.º 28* — Julho, 1954.

[3] P. Naslin — «Le Congrés International d'Automatique de Madrid — 1958» na Revista *Automatisme*, Janeiro, 1959.

[4] P. Cossa — «La cybernétique. Du cerveau humain aux cerveaux artificiels» — Ed Masson & Cie., 1955.

SUMÁRIO

Indica-se o significado e importância da automação nos processos industriais. Distinguem-se os comandos em circuito fechado (feedback) que se destinam às operações de controle, dos equipamentos de transferência e dos computadores.

Apontam-se as principais dificuldades que se opõem à aplicação industrial das técnicas da automação e conclui-se com uma referência à cibernética, às suas possibilidades no futuro e aos condicionalismos que limitam a máquina.

«Achievements and possibilities of industrial automation»

SUMMARY

This paper is a view ou automation in the industrial production; we can distinguish the feedback control, the transfer equipement and the computators.

Afterwards the author gives us the principal difficulties wich oppose the industrial application of the automatic systems and makes a reference to the cybernetic: its possibilities in the future and the conditions wich limit the machines.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 °/₀ dos totais do País.*

I — Breve nota mensal

No aspecto hidrológico, o mês de Maio apresentou-se, no conjunto, abaixo da média

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1963	1964	Variação °/₀
Produção hidráulica (P_h) . . .	332,1	354,6	+ 7
Produção térmica (P_t)	0,0	0,0	0
Produção total (P_T)	332,1	354,6	+ 7
Exportações (Ex)	0,0	0,0	—
Importações (I)	0,0	0,0	—
Consumo em bombagem (Cb)(1)	—	—	—
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) (2)	78,0	79,2	+ 2
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (3)	254,1	275,4	+ 8,4 (4)
Coeficiente de hidraulicidade	0,90	0,67	—

b) Acumulados desde 1 de Janeiro

	1963	1964	Variação °/₀
Produção hidráulica (P_h) . . .	1736,7	1883,7	+ 8
Produção térmica (P_t)	18,9	59,4	+ 214
Produção total (P_T)	1755,6	1943,1	+ 11
Exportações (Ex)	32,8	36,4	+ 11
Importações (I)	0,1	0,0	— 100
Consumo em bombagem (Cb)(1)	—	—	—
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) (2)	361,9	397,2	+ 10
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (3)	1361,0	1509,5	+10,9 (4)
Coeficiente de hidraulicidade	1,49	1,10	—

NOTAS

(1) Energia consumida em bombagem para armazenamento na Albufeira do Alto Rabagão.

(2) Consideram-se consumos não permanentes os indicados em 4.2.

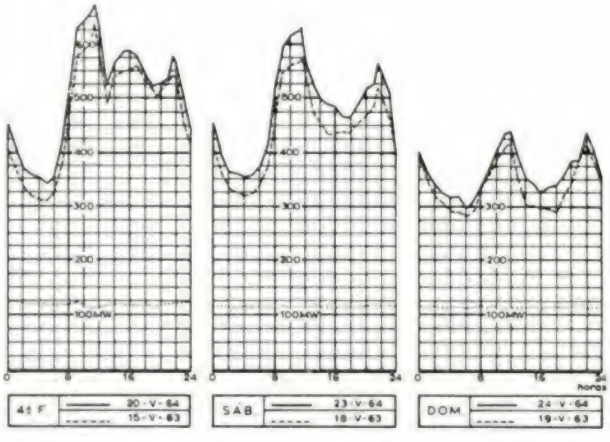
(3) A produção para consumos permanentes (P_{CP}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - P_{cnp} + I - Ex$

(4) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é respectivamente de 11,6 °/₀ e 11,0 °/₀.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

			4.ª feira: 1963	4.ª feira: 1964
Produção hidráulica		(P_h) MWh	11495	12436
Produção térmica		(P_t) MWh	0	0
Produção total		(P_T) MWh	11495	12436
Trocas com Espanha	Export.	(Ex) MWh	0	0
	Import.	(I) MWh	0	0
TOTAL		$P_T + (I - Ex)$ MWh	11495	12436
Prod. para cons. perm.		(P_{cp}) MWh	9066	9725
Prod. para cons. não perm.		(P_{cnp}) MWh	2429	2711
Características dos diagramas	$P_T + (I - Ex)$	Potência máx. MW	637	674
		Potência mín. MW	310	341
		Utiliz. da ponta horas	18,0	18,5
		Factor de carga	0,75	0,77
	P_{cp}	Potência máx. MW	531	562
		Potência mín. MW	203	223
		Utiliz. da ponta horas	17,1	17,3
		Factor de carga	0,71	0,72

MAIO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês: GWh	No fim do mês: °/₀ (1)
Alto Rabagão	181,8	18,7
Paradela	202,5	91,0
Venda Nova	109,5	85,5
Salamonde	27,4	99,3
Caniçada	33,0	99,7
Vilar	—	—
Cabril	300,0	88,4
Castelo do Bode	154,6	94,8
Guilhofrei	7,8	94,0
Lagoa Comprida	28,9 (2)	87,1
Santa Luzia	58,5	95,0
Pracana	9,0	69,8
Póvoa	11,1 (3)	82,7
Total { com A. Rabagão . . .	1124,1	—
Total { sem A. Rabagão . . .	942,3	90,3

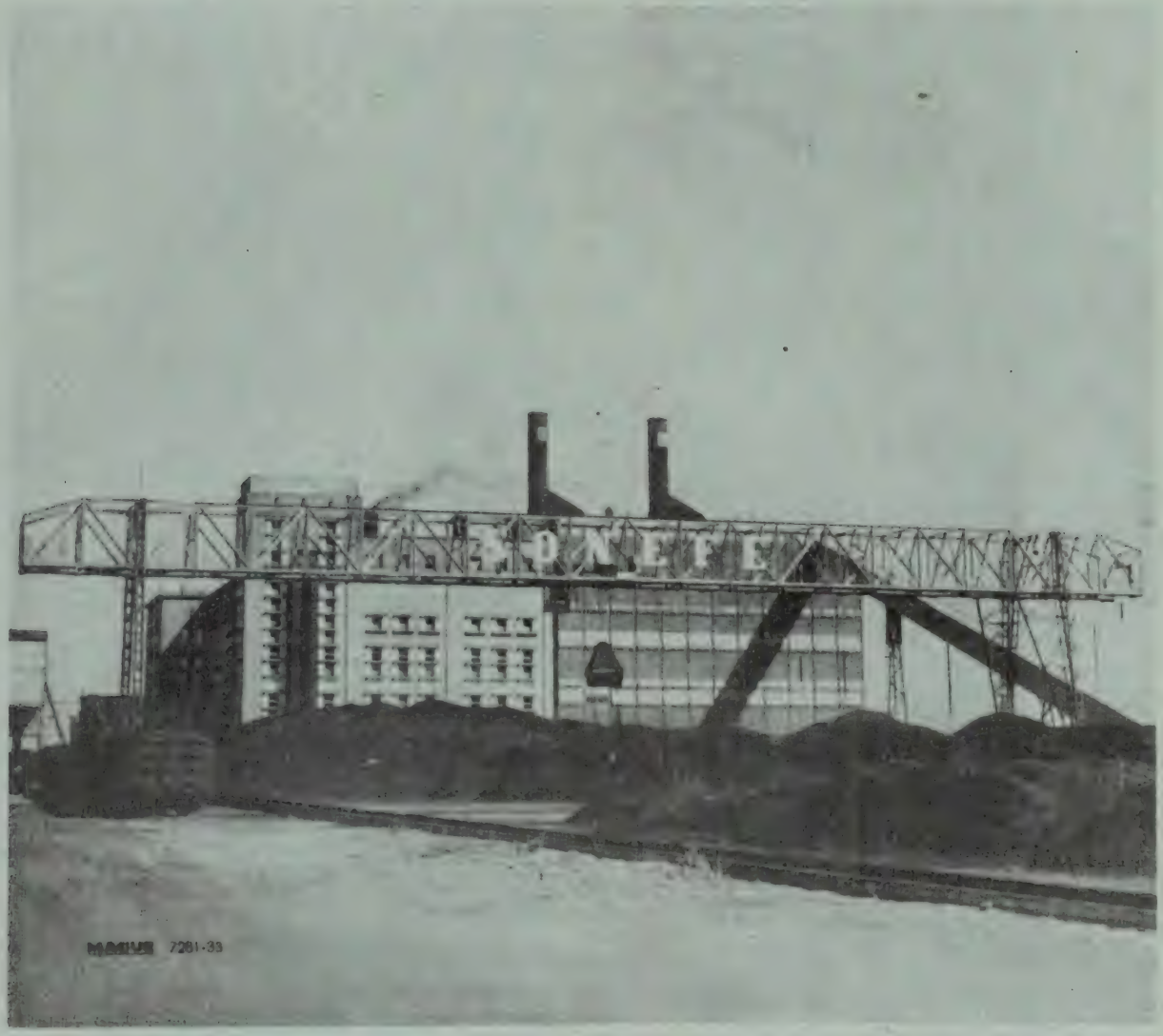
Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 3,4 GWh armazenados em Vale do Rossim no início do mês e 3,3 GWh no fim do mês.

(3) Inclui 2,7 GWh armazenados no açude do Poio no início do mês e 2,5 GWh no fim do mês.

MAGUE



PÓRTICO ROLANTE ELÉCTRICO DE 5T, 60M DE VÃO, EM FUNCIONAMENTO NO PARQUE DE CARVÃO DA CENTRAL TÉRMICA DE LOURENÇO MARQUES (MOÇAMBIQUE)

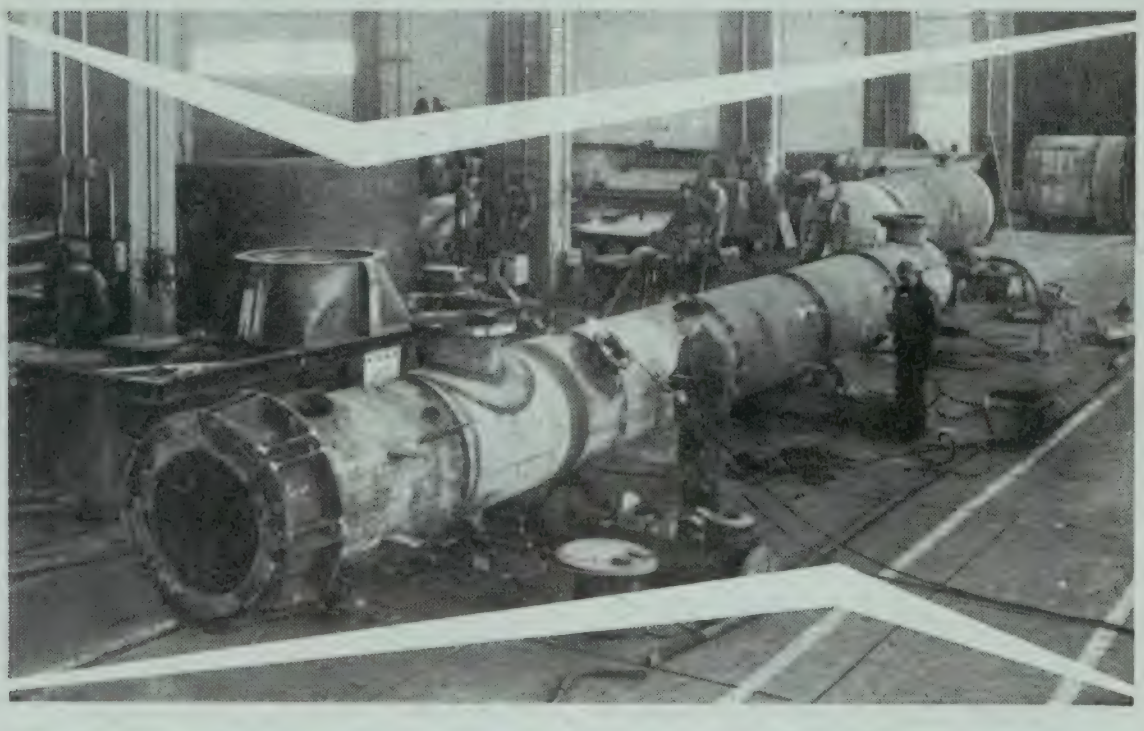
PONTES ROLANTES — *Projecto e fabrico*
GUINDASTES — *Projecto e fabrico*
APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS — *Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS — *Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey*
TURBINAS A VAPOR — *Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie*
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

aços vazados
ferros meehanite
mecânica MÉDIA E PESADA
construções metálicas

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
RESERVATÓRIOS SOB PRESSÃO
PERMUTADORES DE CALOR



Indústria dos Petróleos.

Coluna de 1.000 mm ø × 10 000 mm, em fase final de fabrico.

DIVISÃO METALO-MECÂNICA
COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA 2 ✦ TELEFONES 67 04 21 E 67 20 61 ✦ TELEGRAMAS: METALOFABRIL

C. D. U. 534.632

MEDIDOR DE FREQUÊNCIAS ACÚSTICAS

POR L. MARTA DE SEQUEIRA
Eng.º Especialista do L.N.E.C.

1 — INTRODUÇÃO

A experiência do Laboratório Nacional de Engenharia Civil em ensaios em regime estático, utilizando extensómetros de corda vibrante, sugeriu a utilização destes na medição da deformação de estruturas, concebendo-se um aparelho destinado a medir instantâneamente as frequências de vibração duma corda sujeita a variações de tensão no tempo.

A teoria do extensómetro de corda vibrante, extensómetro acústico, é bem conhecida. Fundamentalmente consta do seguinte: a um determinado estado de tensão da corda corresponde uma frequência própria de vibração. A variações de tensão, correspondem proporcionais variações de frequência.

A base deste trabalho consiste em admitir que, em regime dinâmico, a variação da frequência da corda se processa segundo a lei estática atrás mencionada. Isto significa que, submetendo uma estrutura a esforços variáveis no tempo, se origina uma modulação de frequência da corda vibrante do extensómetro acústico nela encorporado.

Evidentemente que para tal fenómeno se observar era necessário que se mantivesse essa corda em vibração.

Neste trabalho ocupamo-nos exactamente dum modo de manter essa corda em vibração, o qual consiste, em linhas gerais, em fazer comparticipar o sistema (corda vibrante) num circuito electrónico, de tal modo a constituir um oscilador auto-excitado em que a frequência de oscilação é, em primeira análise, igual à frequência da corda vibrante. Em regime dinâmico observa-se a modulação deste oscilador (modulação de frequência).

Um sistema de discriminação de frequências permite recuperar o sinal modulante e, finalmente, obter a lei de variação das deformações no tempo.

Em resumo:

O medidor de frequências acústicas comporta um oscilador auto excitado, cujo sistema oscilante é constituído pelo extensómetro acústico e um sistema de discriminação de frequências que permite obter a lei de variação no tempo, das deformações a que o extensómetro está submetido.

Esquemàticamente o conjunto que permite o estudo do comportamento duma estrutura submetida a solicitações em regime dinâmico, é constituído como se indica na figura 1.

Fig. 1 — Diagrama de blocos

2 — MEDIDOR DE FREQUÊNCIAS ACÚSTICAS

2.1 — *Oscilador electromecânico*

O oscilador electromecânico concebido enquadra-se no tipo dos osciladores de reacção. Um circuito de oscilação com reacção é definido pelos seus dois componentes: o amplificador electrónico (quadripolo activo) e o sistema oscilante

quadripolo passivo). O fenómeno não linear, limitador da oscilação crescente, está associado a um deles (ou aos dois), pelo que podemos representar o sistema oscilatório pelo diagrama da figura 2.

O electroíman de excitação recebe a energia do amplificador de modo a fazer entrar a corda em vibração. Devido à variação do entre-ferro, motivada pela vibração da corda, induz-se no electroíman B de captação uma força electromo-

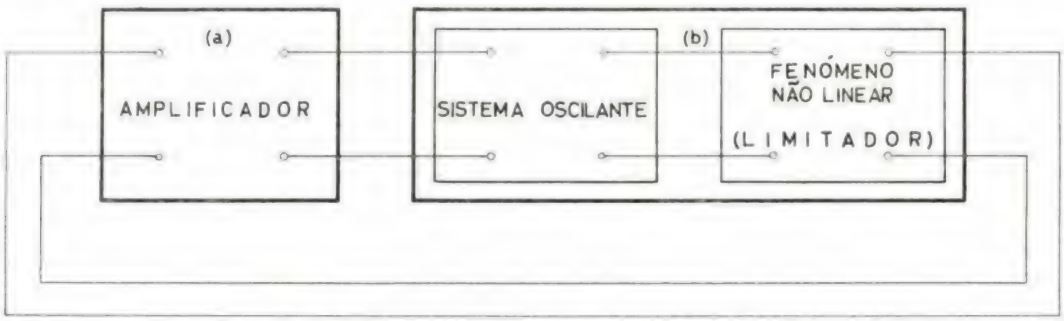


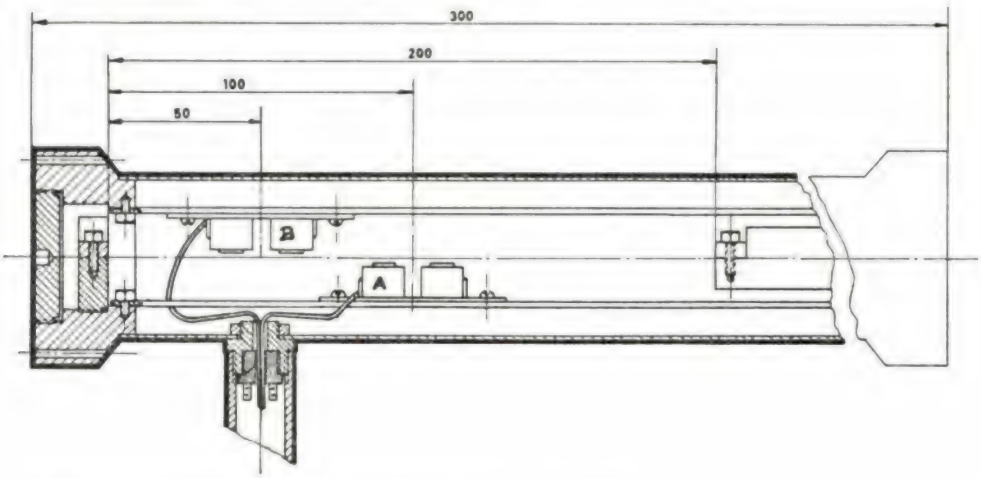
Fig. 2 — Diagrama de blocos dum sistema oscilatório

2.1.1 — *Sistema oscilante*

O sistema oscilante é constituído pela corda vibrante e pelos dois electroímans do extensómetro acústico (fig. 3).

triz que, por intermédio do amplificador, será levada em fase e amplitude ao valor inicialmente aplicado ao electroíman A, de modo a que o fenómeno se processe permanentemente.

Como se pretendia que a ligação entre os



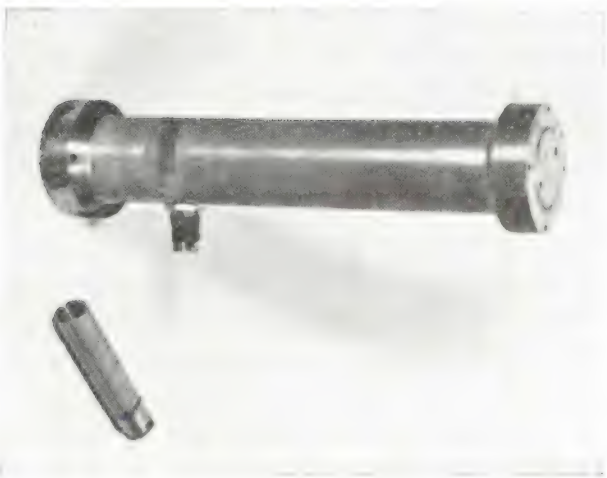


Fig 3 — Extensómetro acústico

electroímans fosse controlada só pela corda, a distância entre eles foi determinada de modo a não haver indução directa entre as suas respectivas bobines. Temos assim uma acção essencialmente magnetomecânica e um mínimo de ligação magnética.

2.1.2 — *Sistema Amplificador*

A partir do estudo que se fez do sistema oscilante concluiu-se que este, na ressonância, apresentava um esfasamento nulo ou de $+\frac{\pi}{2}$ entre as suas tensões de entrada e saída (este segundo caso verificado quando se colocava um condensador em paralelo com o electroíman de captação).

Por este motivo ensaiaram-se dois sistemas amplificadores, um em que as tensões de entrada e saída não estavam esfasadas, amplificador de 2 andares, e outro em que as tensões se apresentavam em quadratura. Porque teòricamente um andar de amplificação apresenta esfasamento nulo ou π entre as suas tensões de entrada e saída, obtém-se o esfasamento de $\frac{\pi}{2}$ numa banda larga de frequências (200 a 2000 Hz) com a introdução duma malha de esfasamento resistência-condensador. Posteriormente abandonou-se esta segunda solução, porquanto apresentou bom comportamento o oscilador em que se fez o paralelo do electroíman de captação com um condensador e se incluiu um amplificador de 2 andares com saída por seguidor catódico. O esquema eléctrico utilizado é o que se indica na figura 4.

2.1.3 — *Sistema Estabilizador*

A limitação da amplitude crescente da oscilação faz-se em regime de perdas repartidas pelos dois quadripolos — amplificador electrónico e sistema oscilante. Pretendia-se porém uma estabilização da amplitude de oscilação numa grande banda de frequência. Estudou-se por isso um circuito estabilizador — regulação automática de amplificação — que, actuando na polarização de grelha do primeiro andar do amplificador, contrariasse as variações de amplitude da tensão de saída deste, motivadas pela variação da amplitude da tensão de saída do sistema oscilante (fig. 5).

2.2 — *Sistema Discriminador de Frequência*

Processada a modulação de frequência no sistema oscilante pela variação da tensão mecânica da corda, estabilizado em amplitude o sinal de saída do oscilador electromecânico, procedeu-se à sua diferenciação (seguida de amplificação), segundo o esquema da figura 6.

A desmodulação do sinal obteve-se a partir

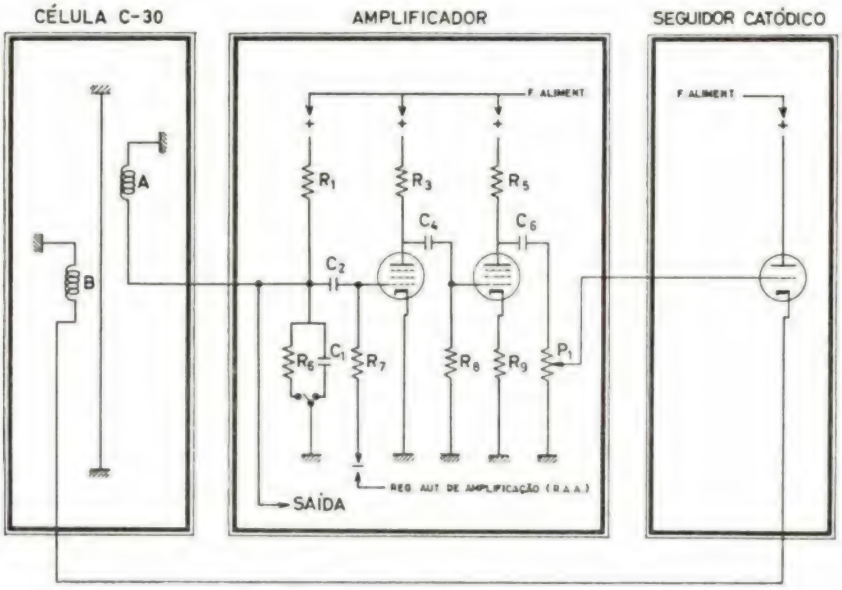


Fig. 4 — Sistema amplificador

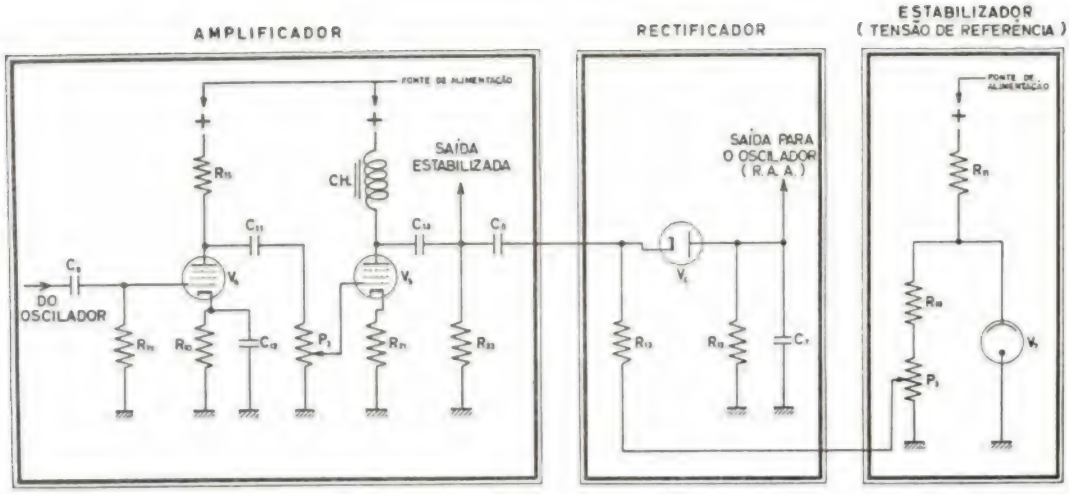


Fig. 5 — Sistema estabilizador

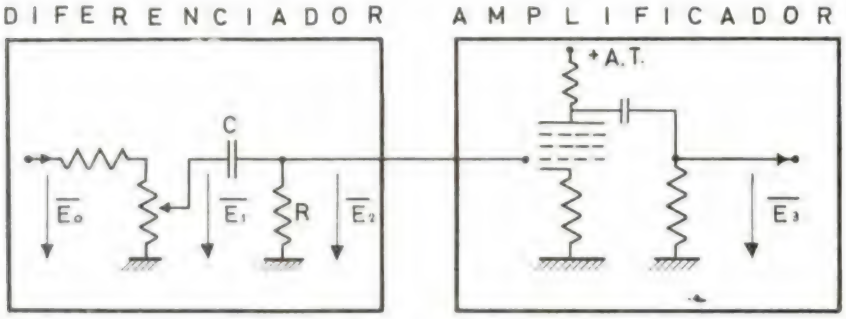


Fig. 6 — Sistema diferenciador

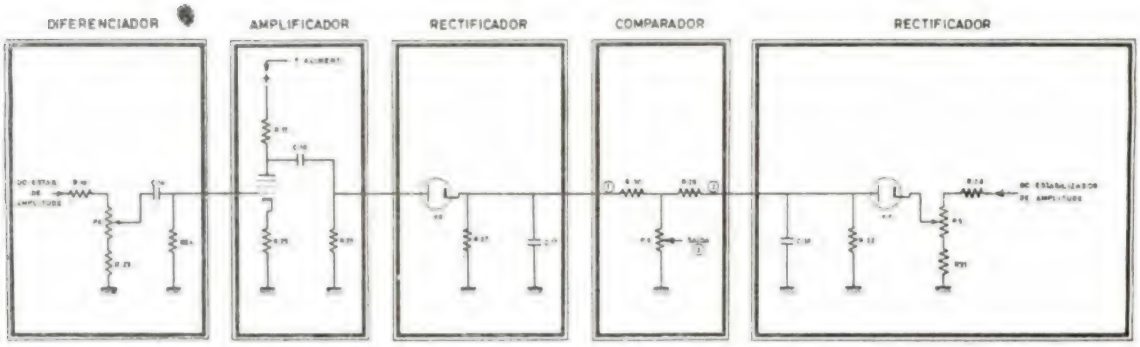


Fig. 7 — Sistema discriminador

dum circuito em ponte, em que o sinal, depois de diferenciado, foi comparado com o mesmo sinal, antes de diferenciado e, portanto, com amplitude constante. O sinal resultante foi então aplicado ao sistema de medida ou de registo.

A figura 7 mostra o circuito discriminador adoptado.

O aparelho realizado está representado no diagrama geral (fig. 8), sem a indicação da fonte de alimentação estabilizada que fornece as polarizações e as alimentações dos filamentos de todas as válvulas electrónicas utilizadas.

3 — RESULTADOS OBTIDOS EM ENSAIO. CONCLUSÕES

3.1 — *Regime estático*

A fim de ajuizar o campo de medida e a linearidade de resposta, em regime estático, do apa-

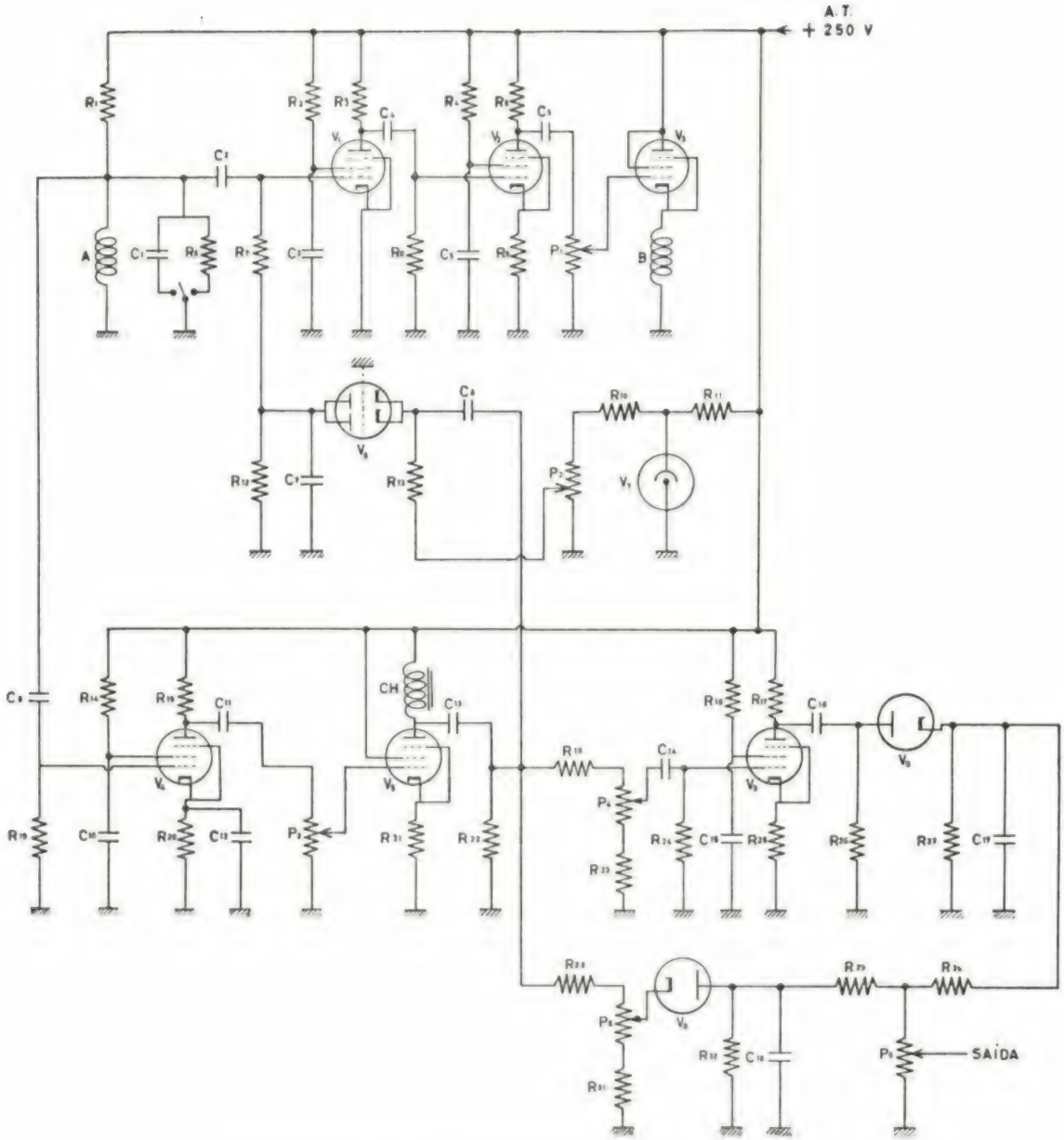


Fig. 8 — Medidor de frequências acústicas — Diagrama geral

relho construído, submeteu-se o extensómetro acústico (fig. 3) a ensaios de carga e descarga entre 0 e 1000 kgf, para frequências de vibração da corda entre 200 a 1200 Hz e compararam-se as extensões obtidas a partir do medidor de frequências acústicas com as lidas num indicador «Baldwin» (1) ligado a um extensómetro eléctrico colocado na superfície do corpo do extensómetro acústico.

Para o caso do ensaio em que a frequência inicial de corda foi de 915 Hz, obtiveram-se os valores indicados no quadro da figura 9.

(1) — Baldwin Tipe N Portable Strain Indicator.

Grandezas mecânicas		Grandezas eléctricas		
F Kgf	ε $\times 10^{-6}$	f Hz	Δf Hz	V mV
0	0	915	0	0
200	95	905	10	10
400	190	894	21	22
600	290	883	32	32
800	390	871	44	44
1000	490	859	56	56
800	400	869	46	46
600	305	880	35	36
400	205	891	24	25
200	100	903	12	12
0	0	915	0	0

Fig. 9 — Quadro de valores dum ensaio em regime estático

Com estes valores construiram-se os gráficos das figuras 10, 11 e 12 que evidenciam bem a linearidade entre os valores em mV lidos no medidor de frequências acústicas e as extensões sofridas pelo extensómetro acústico e comprova-se a linearidade entre as variações de frequências sofridas pela corda vibrante e as extensões produzidas no extensómetro por efeito da carga solicitante.

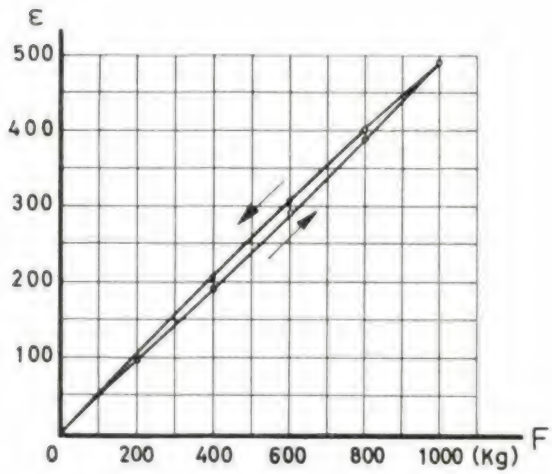


Fig. 10 — Variação da frequência de vibração da corda com a força aplicada no extensómetro acústico

3.2 — *Regime dinâmico*

Em regime dinâmico, isto é, submetendo o extensómetro acústico a esforços alterados com

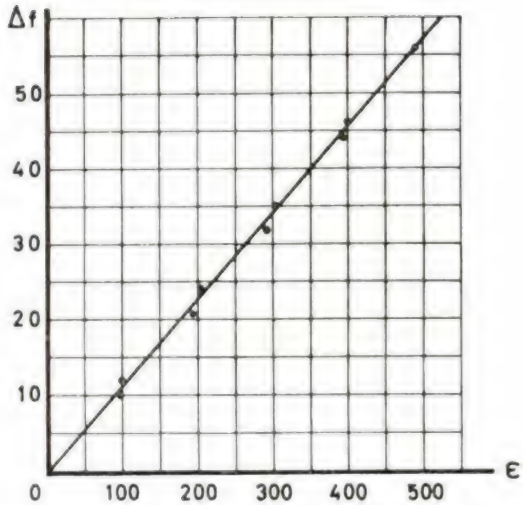


Fig. 11 — Variação da frequência de vibração da corda com a extensão sofrida pelo extensómetro acústico

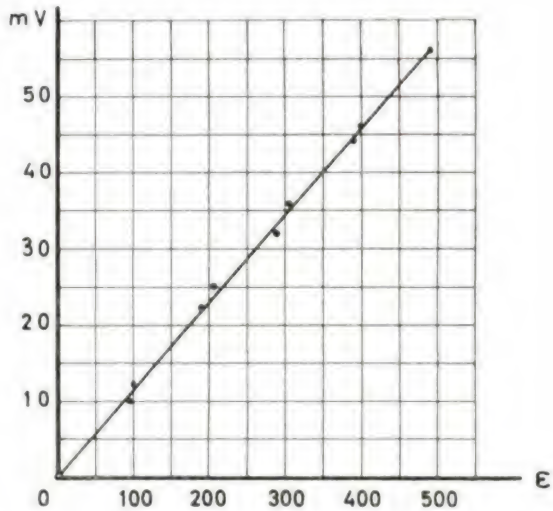


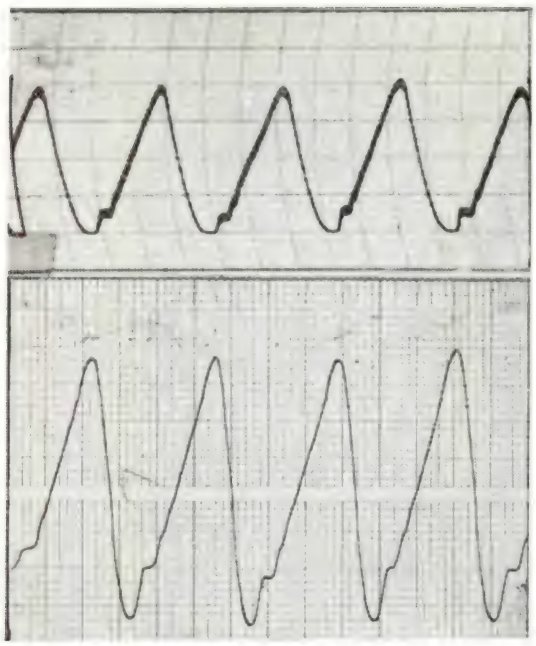
Fig. 12 — Leitura em mV no Medidor de Frequências Acústicas em função da extensão sofrida pelo extensómetro acústico

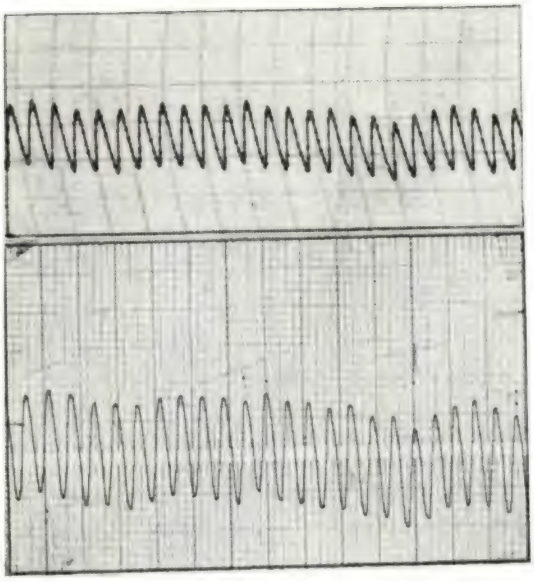
frequências de 0 — 5 c/s, obtiveram-se os resultados que, qualitativamente, (só para se verificar a resposta do sistema projectado) estão indicados nos gráficos da figura 13.

O registo superior de cada um dos gráficos foi obtido num registador «Sefram» (1) ligado à saída do medidor de frequências acústicas projectado e o inferior num registador «Hottinger» (2) ligado ao extensómetro eléctrico colado no corpo

(1) — Sefram — Rapidgraph, Ref R57.

(2) — Hottinger Messsechnik — Trägerfrequenz — Messvestärker type 500.06.





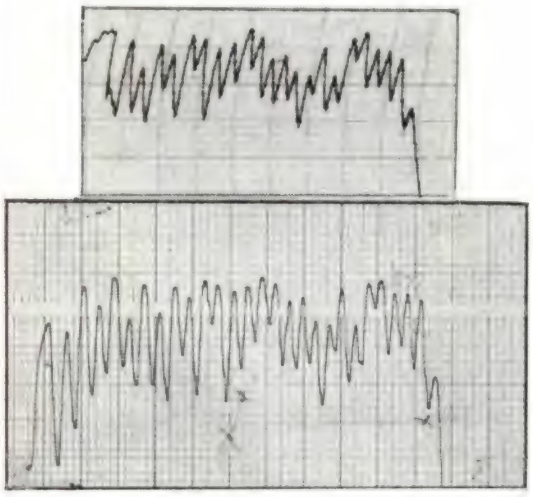


Fig. 13 — Resposta do sistema projectado para esforços alternados de frequência 0-5 ciclops

do extensómetro acústico. O primeiro gráfico foi obtido com aplicação de cargas alternadas com a frequência de 0,6 Hz, o segundo com a frequência de 2,9 Hz e o terceiro com a frequência de 5,5 Hz.

3.3 — *Campo de utilização do aparelho*

A frequência de vibração da corda, correspondente à tensão inicialmente imposta, pode variar entre 400 e 800 Hz (tensão da corda entre cerca de 20 e 100 $Kgmm^{-2}$), o campo de medida linear do aparelho é de $\pm$ 50 Hz em torno da frequência inicial (extensões da célula entre cerca de $\pm 240 \times 10^{-5}$ e 530×10^{-6}), os limites do erro são de $\pm$ 0, 5 Hz e o erro de zero inferior a $^1/_4$ da menor divisão do aparelho de leitura (0,25 mV) num período de utilização de 24 horas. Como se infere da análise dos gráficos obtidos em ensaios em regime dinâmico, o aparelho apresenta um bom comportamento na gama de frequências de 0 a 5 c/s.

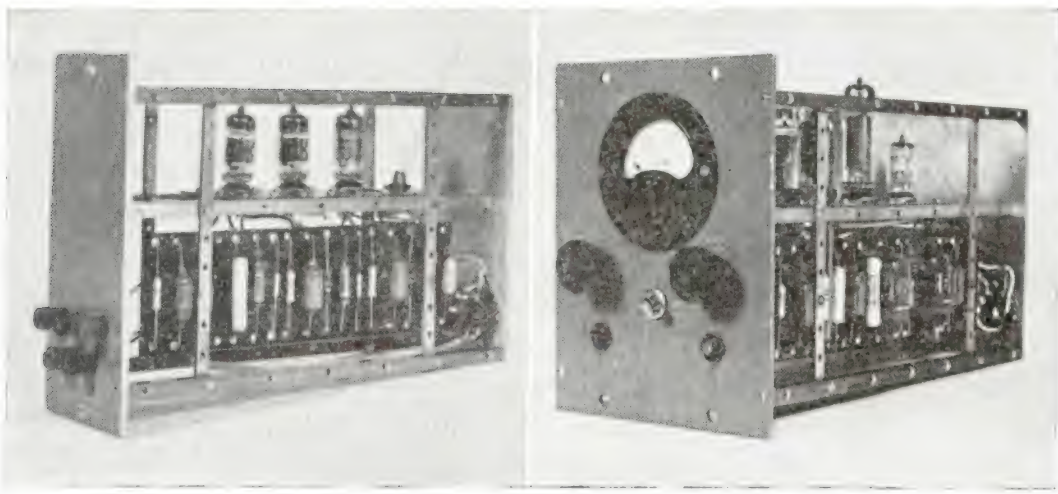


Fig. 14 — Medidor de frequências acústicas

4 — BIBLIOGRAFIA

— Les Extensométres a corde vibrante (Vibrating String Extensometers) — Laboratoires. N.º 7. Septembre 1953.

Angot, A. — Complements de Mathematiques — Troisième Edition — Revue d'Optique, Paris, 1957.

Bellier, H. J. — Applications de l'Extensometrie Acoustique aux Travaux Publics — Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. N.º 97, Janvier, 1956.

Edson, W. A. — Vacuum Tube Oscillators — John Wiley, N. York. e Chapman, London, 1953.

Faro, M. J. A. — Curso Complementar de Electrónica — Lab. Nac. Eng. Civil. Relatório, Novembro, 1958.

Faro, M. J. A. — Telecomunicações, I parte — Edição da A.E.I.S.T., 1956-57.

Fromy, E. — Mesures en Radiotechnique — Dunod, Paris, 1953.

Gibson, J. E. — The Design and Application of a Single Acoustique Strain Gauge — Civil Engineering and Public Works Review. N.º 618, vol 52, December, 1957.

GRUNENWALDT, J. — Les Extensométres Acustiques — La Technique des Travaux. N.os 9-10, September--October, 1954.

JERRETT, R. S. — The Acoustic Strain Gauge — Journal of Scientific Instruments, N.º 2, vol. 22, February, 1945.

KRAUS, J. D. — Electromagnetics — Mc Graw Hill, N. York, 1953.

MATOS, M. E. C. — Medição de Tensões no Interior de Betão — Lab. Nac. Eng. Civil. Relatório 145, 1950.

MARCOS, J. A. E. — Estudo da Estabilidade de Extensómetros de Corda Vibrante — Lab. Nac. Eng. Civil. Relatório 1107, 1957.

MARTINS, R. B. F. — Medição de Extensões — Estações de Medida Maihak. Medição de Temperaturas por Cordas Vibrantes — Lab. Nac. Eng. Civil, Relatório 2412, 1962.

POTOCKI, F. P. — Vibrating Wire Strain Gauge for Long Term Internal Measurements in Concrete — The Engineer, December, 1958.

RAYLEIGH, L. — The Theory of Sound — Vol. 1 — Dover, New York, 1945.

TERMAN e PETTIT — Electronic Measurements, Second Edition — Mc Graw-Hill, N. York, 1953.

THOMAS, H. A. — Theory and Design of Valve Oscillators, Second Edition — Chapman, London, 1951.

Medidor de frequências acústicas

SUMÁRIO

É usual no L.N.E.C. a medição de tensões (ou extensões) em regime estático e a experiência tem demonstrado o bom comportamento dos extensómetros acústicos ou extensómetros de corda vibrante.

É evidente que tais medições não podem dar uma informação completa sobre o comportamento das estruturas em regime dinâmico, a menos que esses regimes sejam de variação suficientemente lenta. Nesta conformidade, levantou-se o problema de medir o valor instantâneo duma tensão ao longo de determinado regime dinâmico, imposto ou natural, com o objectivo de averiguar o comportamento da estrutura ao longo do tempo.

Dado que a principal qualidade dos extensómetros acústicos é a sua estabilidade no tempo, desde que se utilizem cordas vibrantes convenientemente tratadas, uma maneira de resolver o problema seria conceber um extensómetro que, baseado no mesmo princípio — vibração duma corda tensa — permitisse fazer as medições pretendidas.

Por outro lado, há toda a conveniência de, em qualquer época, conhecer o resultante de determinado ensaio, o que, é evidente, se resolve por meio dum registo.

Em princípio qualquer registador gráfico resolverá o problema. Como não é fácil desse gráfico obter um sinal eléctrico equivalente às tensões, o registo mais interessante seria o registo em fita magnética, pois que pode simultâneamente realizar o registo e, em qualquer época, reproduzir, por um sinal eléctrico, o regime de tensões efectivamente observado.

Dado que tal aparelho não existe e dado que nos parece ir de encontro a solicitações do nosso e de laboratórios similares, o presente trabalho descreve um sistema de medição de frequências para utilização de células acústicas em ensaios em regime dinâmico, convenientemente preparado para o registo com oscilógrafos de pena ou com registadores em fita magnética.

Acoustic frequency meter

SUMMARY

Stress (or strain) measurements in static conditions are currently carried out at the L.N.E.C. and experience shows the satisfactory behaviour of acoustic or vibrating wire extensometers.

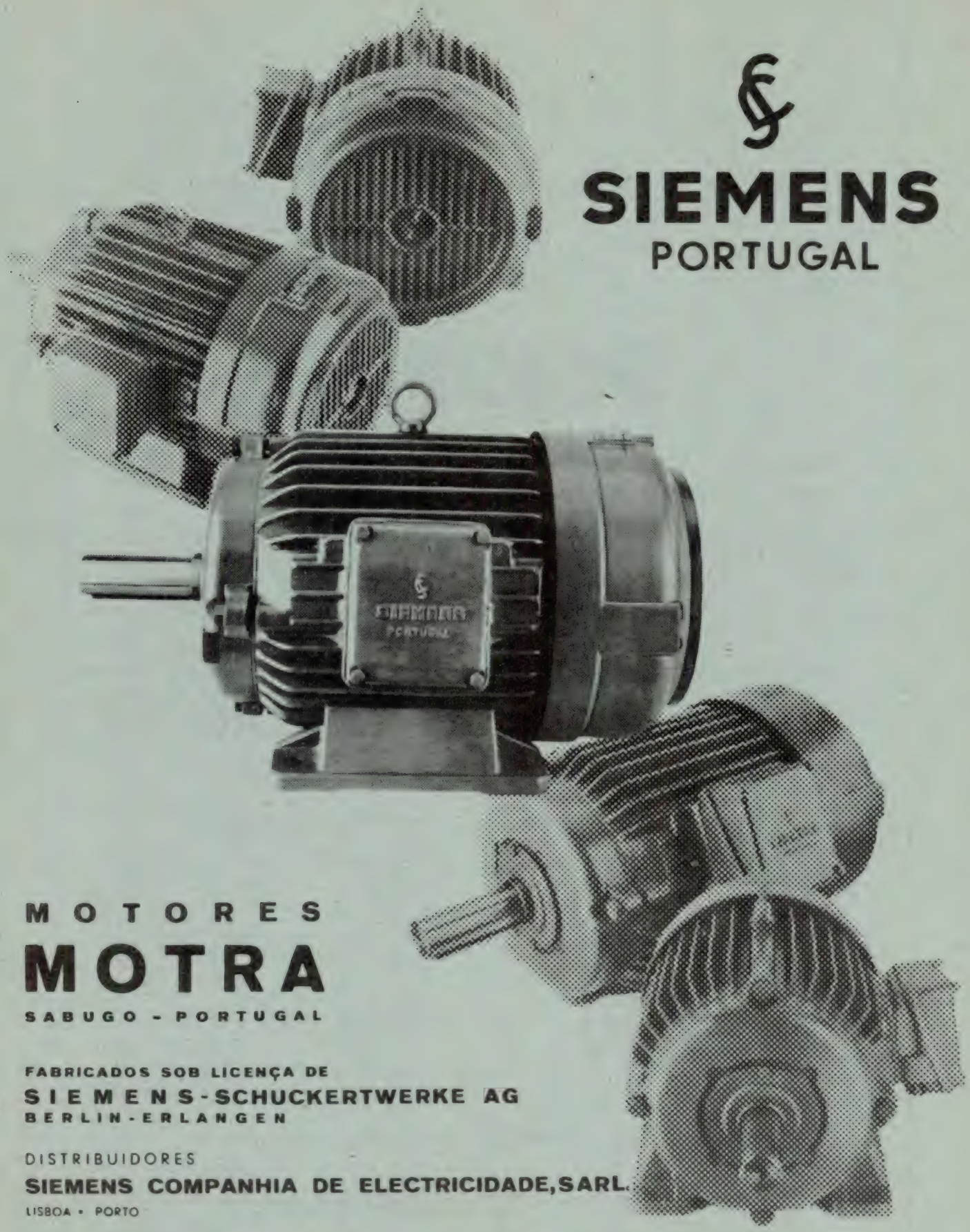
Such measurements are obviously unable to supply full data on the behaviour of structures in dynamic condictions unless these change comparatively slowly. Thus arose the problem of measuring instantaneous stresses in given dynamic conditions, both induced and natural, in order to follow the behaviour of a structure along the time.

The main feature of acoustic strain gauges being their stability in time if suitably treated wires are used, the problem could be solved by means of an extensometer based on the same operation principle — vibration of a stretched wire.

It is advantageous on the other hand to have the result of a given measurement at any time, which of course can be achieved by means of a record.

In principle the problem can be solved by a graphical recorder whatsoever. Nevertheless given the difficulty of deriving from the record an electric signal equivalent to the stresses, the most advantageous solution would be a magnetic tape recorder which makes it possible both to record any stress distribution and accurately to reproduce it at any time by means of an electrical signal.

Such an instrument, which would be of great interest for both our laboratory and others engaged in the same field, does note exist. That is why it was decided to write the present paper which describes a frequency-measuring system that makes use of acoustic cells for dynamic tests and is prepared for recording by means of an oscillograph fitted with a stylus or of a magnetic tape recorder.


SIEMENS
PORTUGAL
MOTORES
MOTRA
SABUGO - PORTUGAL
FABRICADOS SOB LICENÇA DE
SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
BERLIN-ERLANGEN
DISTRIBUIDORES
SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, SARL.
LISBOA • PORTO

DESPOEIRAGEM

FILTROS TECIDOS EM PEÇAS, PANOS, SACOS, MANGAS

DE QUALQUER FIBRA NATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52093—52094
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

FLUIDO E MASTIC

IMPERMEABILIZAÇÕES

TORNA TUDO ESTANQUE

Impermeabilização e vedação perfeita de:

Terraços, Empenas, Algerozes, Clarabóias, Paredes húmidas, Coberturas, Fendas, Juntas de dilatação, etc., etc.

Fácil aplicação — Elasticidade excepcional
Não endurece nem apodrece

ROOFATEX **À base de borracha + alumínio**

Reforça a acção impermeabilizante do «Rubio», dando às construções um aspecto agradável — Protege todos os materiais contra a humidade, a ferrugem e a corrosão

RUBIO E ROOFATEX dois produtos que se completam

Representante exclusivo: Orlando Fernandes

Rua Palmira, 46-A-B-C — LISBOA-1 — Telefs. 83 01 63 - 84 26 39 — End. teleg. «ORFER»

C. D. U. 621.311.16 : 621.311.22/25

REPARTIÇÃO DAS POTÊNCIAS TÉRMICAS*

Pelo Eng.º A. LEITE GARCIA
Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares

1 — PROPÓSITO E HIPÓTESES DE BASE

Partindo da evolução dos consumos permanentes e das hipóteses A e B de desenvolvimento em energia do sistema hidroeléctrico apresentadas na nota IC.4, (1) esta comunicação tenta delinear uma boa repartição da potência térmica necessária por centrais nucleares, centrais térmicas convencionais e centrais de ponta.

Adopta-se como critério de repartição o menor custo de produção, escolhendo-se sempre o tipo de central que conduz à menor esperança matemática do custo marginal da energia com alteração do equipamento.

O sistema foi suposto em expansão contínua necessitando de potências sempre crescentes dos diferentes tipos considerados. Assim, em cada ano, apenas há que analisar qual o tipo de central mais adequado para satisfazer as necessidades do sistema até ao momento de entrada da central seguinte, sendo essa a central mais conveniente para o sistema. Essa hipótese carece da constatação de que antes do termo da vida económica da central escolhida, as necessidades daquele tipo de potência não sofrem redução. Graças à expansão contínua do sistema e à irreversibilidade na evolução de hídrico a térmico, não se verificam contracções dignas de nota, sendo válido este critério de selecção.

Embora tenham sido seguidas as hipóteses A e B da nota IC.4 de evolução em energia do sistema hidroeléctrico, foram adoptadas diferentes hipóteses de sobreequipamento em potência.

Relativamente aos consumos não permanentes, foi escolhida uma evolução diferente, supondo que o seu crescimento acompanhará o crescimento do sistema hídrico.

(1) Grémio Nacional dos Industriais de Electricidade — «Dados Básicos para os Estudos Relativos ao Colóquio».

Para evitar uma análise dos custos de produção dos diferentes tipos de centrais térmicas, que a extensão desta comunicação não permitia, fez-se o estudo da evolução das potências com esperança matemática de utilização marginal constante, fazendo-se a repartição pelos diferentes tipos de centrais a partir daí.

2 — SISTEMA HIDROELÉCTRICO

A evolução do sistema hidroeléctrico foi considerada como um dado do problema. Contudo, foram adoptadas duas hipóteses de evolução em energia (hipóteses A e B da nota IC.4) e duas sub-hipóteses de evolução em potência.

Sendo o custo marginal da potência hídrica, no nosso país, da ordem da grandeza de Esc. 1500$00/kW, parece haver grande interesse em explorar ao máximo esta via em vez de centrais térmicas de ponta, de custo provàvelmente não inferior a Esc. 3000$00/kW. Além dos maiores prazos de amortização consentidos pela solução hídrica, devemos ter ainda presente que as centrais térmicas de ponta exigem combustíveis caros. Por outro lado, o sobreequipamento hídrico pode permitir um mais completo aproveitamento das afluências dos períodos húmidos, podendo então proporcionar poupança de combustível das centrais de base. Porém, o interesse do sobreequipamento hídrico é atenuado pelos encargos de transporte e, sobretudo, pela necessidade de água para o preenchimento da ponta do diagrama.

Não se possuindo elementos suficientes para uma boa delimitação, foram consideradas duas variantes, *a* e *b*, sendo

$$PH = fs \frac{M}{0} \qquad (2.1)$$

* Comunicação apresentada no Colóquio sobre «Participação da Produção Termoeléctrica na Satisfação nas Necessidades de Energia Eléctrica».

onde

PH = potência hidroeléctrica disponível útil (MW)

M = energia média afluente ao sistema (MWh/ano)

θ = factor de carga do diagrama (h/ano)

fs = factor de sobreequipamento.

Na variante *a*, fs = 1,2 e na variante *b*, fs = 1,5. Sendo θ aproximadamente igual 5500 h/ano e a potência hídrica instalada cerca de 1,2 vezes e a potência hidroeléctrica útil, (2.1) conduz a utilizações efectivas da potência instalada à volta de 3500 h/ano na variante *a* e 2800 h/ano na variante *b*.

3 — CONSUMO A SATISFAZER

3.1 — *Consumos permanentes*

Adoptam-se os valores propostos na nota IC.4, reproduzidos nas linhas 1 e 2 do quadro I.

3.2 — *Consumos não permanentes*

Seguiu-se uma hipótese diferente da indicada na nota IC.4, consistindo em supor os consumos não permanentes acompanhando o crescimento do sistema hidroprodutor mas mantendo a procura de modo a não ultrapassar 20 % da energia afluente do ano médio. Estes 20 % não resultam de nenhum estudo quantitativo, mas traduzem o desejo de evitar durações médias de fornecimento demasiado baixas, permitindo oferecer preços convidativos.

Os consumos não permanentes são supostos satisfeitos enquanto houver água ou energia nuclear disponível. Deste modo, a duração média do fornecimento depende da importância dos consumos totais em relação à energia hídrica e nuclear disponível; a capacidade de regularização do sistema, assim, quase só tem influência na maior ou menor concentração dos fornecimentos.

Como na nota IC.4, a contribuição dos consumos não permanentes para a ponta do diagrama total de carga foi considerada equivalente a uma potência de utilização igual a 8000 h/ano (ver linhas 6 e 7 do quadro I).

Parece conveniente notar a dificuldade em satisfazer os consumos não permanentes só com sobras hídricas antes da entrada da primeira central nuclear. Este facto poderá aconselhar a satisfazer uma pequena fracção dos consumos não permanentes com centrais convencionais ou, se este custo for considerado inaceitável, a adiar a aceitação de novos consumidores deste tipo até à integração da primeira central nuclear.

3.3 — *Consumos totais*

A partir das linhas do quadro I relativas aos consumos permanentes e não permanentes, por simples adição, foram obtidas as linhas respeitantes à procura total de energia que o sistema terá de satisfazer.

4 — POTÊNCIAS TÉRMICAS

4.1 — *Análise quantitativa*

Separadamente, em cada ano considerado e para cada sub-hipótese de cálculo, Aa, Ab, Ba e Bb, determinaram-se as potências térmicas necessárias para garantia em energia e potência.

A potência térmica a instalar foi considerada aproximadamente igual a 1,2 vezes a potência térmica que satisfaz simultâneamente a garantia de energia e potência. Apesar da maior indisponibilidade dos equipamentos térmicos relativamente aos equipamentos hídricos, explica-se a adopção do mesmo factor 1,2 por se admitir que a reserva girante estará desigualmente distribuída, concentrada nas centrais hídricas na medida em que a rede de interligação e transporte o permitir. Relativamente a todo o equipamento térmico, por simplificação, adopta-se também o mesmo factor comum 1,2, apesar de tudo actualmente indicar uma menor indisponibilidade das centrais nucleares relativamente às convencionais e de a economia de exploração exigir que as centrais nucleares, por apresentarem custos variáveis mais baixos, tenham a menor fracção da reserva girante necessária ao sub-sistema térmico.

4.1.1 — *Potência térmica imposta por razões de energia*

A potência térmica necessária para a garantia da energia foi calculada supondo que a produção hídrica permanente é igual a 70 % da energia afluente média. Valor sensìvelmente igual ao in-

QUADRO - I
REPARTIÇÃO E UTILIZAÇÃO MARGINAL DAS POTÊNCIAS TÉRMICAS

	Hipótese				A							B							
	Sub-hipótese					a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	Ano			1965	1970	1975		1980		1985		1970		1975		1980		1985	
1	Consumos permanentes C P	TWh/a		4,2	7,3	11,6		17,5		25,0		7,3		11,6		17,5		25,0	
2		MW		800	1400	2200		3300		4750		1400		2200		3300		4750	
3	Energia afluente média M	TWh/a		6,2	7,9	10,1		12,3		13,3		7,0		8,4		9,7		11,0	
4	Valor mínimo da potência térmica de	MW		0	202	517		1015		1791		274		653		1224		1975	
5	apoio (ano 95%) $PT_1 = (CP - 0{,}7M)/8760$	%		0	14,43	23,50		30,75		37,70		19,57		29,68		37,09		41,57	
6	Procura de consumos não permanentes	TWh/a		1	1,44	1,84		2,24		2,64		1,44		1,68		1,92		2,24	
7	CNP = 0,2M	MW		125	180	230		280		330		180		210		240		280	
8	Consumos totais	TWh/a		5,2	8,74	13,44		19,74		27,64		8,74		13,28		19,42		27,24	
9	CT = CP + CNP	MW		925	1580	2430		3580		5080		1580		2410		3540		5030	
10	Factor de carga dos CT θ	h/ano		5622	5532	5531		5514		5441		5532		5510		5486		5416	
11	Grau de aproveitamento $\beta_t = CT/M$			0,839	1,106	1,331		1,605		2,078		1,249		1,581		2,002		2,476	
12	Potência hidroeléctrica útil	MW		925	1580	2191	2430	2677	3346	2933	3667	1518	1580	1829	2287	2122	2652	2437	3047
13	a) $PH \leq 1{,}2\ M/\theta$ b) $PH \leq 1{,}5\ M/\theta$	%		100	100	90,2	100	74,8	93,5	57,7	72,2	96,1	100	75,9	94,9	59,9	74,9	48,4	60,6
14	Mínima potência térmica	MW		0	0	239	0	903	234	2147	1413	62	0	581	123	1418	888	2593	1983
15	$PT_2 = P - PH$	%		0	0	9,8	0	25,2	6,5	42,3	27,8	3,9	0	24,1	5,1	40,1	25,1	51,6	39,4
16	Energia térmica Total — Se $PT_2 < PT_1$ $0{,}25 \cdot 8760\, PT_2$	TWh/a		0	0	0,52	0	1,98	0,51	3,92	3,09	0,14	0	1,27	0,27	3,11	1,94	4,33	4,33
17	Diagrama	TWh/a		0	0	0,13	0	0,99	≃ 0	4,69	1,65	≃ 0	0	0,66	≃ 0	2,72	0,97	6,81	3,81
18	Valor adoptado	TWh/a		0	0	0,52	0	1,98	0,51	4,69	3,09	0,14	0	1,27	0,27	3,11	1,94	6,81	4,33
19	Potência térmica — Total instalada $1{,}2\,(PT_1$ ou $PT_2)$	MW		0	242	620		1218		2576	2149	329		784		1702	1469	3112	2380
20	Convenc. + nuclear — $\beta e = (CP - ETF)/M$			0,68	0,92	1,10	1,15	1,26	1,38	1,53	1,65	1,02	1,04	1,23	1,35	1,48	1,60	1,65	1,88
21	$P\ (\beta) = 0{,}15\ \beta e$			0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65
22	Potência útil	MW		-	202	517		1015		1781	1791	274		653		1225	1224	1674	2060
23	Nuclear — $\beta et = (CT - ETF)/M$			0,84	1,11	1,28	1,33	1,44	1,56	1,73	1,85	1,07	1,25	1,43	1,55	1,68	1,80	1,86	2,08
24	$u \geq 0{,}5$ $p(\beta) = 0{,}5;\ 0{,}33$	β		0,84	0,84	0,84	0,84	1,00	1,00	0,85	1,00	0,84	0,84	0,85	1,00	0,85	1,00	0,85	0,85
25		MW		-	240	566	566	903	850	1781	1636	327	327	581	557	1225	1110	1691	1983
26	$u \geq 0{,}6$ $p(\beta) = 0{,}6;\ 0{,}647$	β		0,89	0,89	0,89	0,89	0,97	1,09	0,97	1,09	0,89	0,89	0,97	1,09	0,97	1,00	0,97	0,97
27		MW		-	195	508	508	879	723	1539	1500	287	287	581	471	1048	1010	1490	1858
28	$u \geq 0{,}7$ $p(\beta) = 0{,}7;\ 0{,}6$	β		0,95	0,95	0,95	0,95	1,09	1,18	1,09	1,09	0,95	0,95	1,09	1,18	1,09	1,18	1,09	1,09
29		MW		-	141	439	439	655	597	1296	1413	239	239	435	384	871	910	1289	1658
30	$u \geq 0{,}8$ $p(\beta) = 0{,}8;\ 0{,}735$	β		1,02	1,02	1,02	1,02	1,21	1,29	1,21	1,21	1,02	1,02	1,21	1,29	1,21	1,21	1,21	1,21
31		MW		-	77,6	359	359	431	442	1053	1296	183	183	281	279	694	871	1088	1456
32	$u \geq 0{,}9$ $p(\beta) = 0{,}9;\ 0{,}87$	β		-	-	-	-	1,40	1,40	1,40	1,40	-	-	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
33		MW		-	0	0	0	75	234	668	911	0	0	38	192	413	591	770	1139

dicado na nota IC.4 como produção do sistema hídrico no ano 95 %.

Havendo que satisfazer com este grau de garantia apenas os consumos permanentes, CP, a potência térmica necessária será

$$PT_1 = \frac{CP - 0{,}7M}{8760} \qquad (4.1)$$

onde PT_1 será expresso em MW se CP e M estiverem em MWh/ano.

Esta expressão (4.1) ignora eventuais dificuldades de entrada na base do diagrama, o que é admissível se não houver excessivos aproveitamentos a fio de água ou se estiverem convenientemente compensados por instalações de bombagem.

Atendendo a que excessivos fios de água obrigam a um sobreequipamento térmico de apoio, sobreequipamento especialmente indesejável na primeira fase de transição dum sistema de proprodução predominantemente hídrica para um sistema de produção predominantemente térmico, enquanto a potência térmica a instalar não é imposta por considerações de ponta, supomos que o próximo desenvolvimento do sistema dará preferência às centrais de albufeira relativamente às de fio de água ou, então, que compensará a introdução destas com sistemas de bombagem intersazonal que possam mais tarde ser aproveitados como sistemas de bombagem diária.

A favor desta hipótese devemos notar que as albufeiras de regularização interanual perdem interesse quando a potência térmica começa a ser fixada pela garantia da ponta. Assim, dando alguma preferência aos aproveitamentos de albufeira relativamente aos fios de água, não só podemos reduzir a potência térmica de apoio necessária, como podemos continuar ulteriormente a aproveitar para a regularização anual, as fracções de regularização interanual das albufeiras, (desde que se elimine a construção daquelas que não permitem esta dupla função) à medida que o desenvolvimento do sistema hidroprodutor, pela introdução dos aproveitamentos a fio de água, exigir o recurso a maior capacidade estival. Esta capacidade, além de poder continuar a poupar potência térmica de apoio, dimensionada pela energia necessária durante o verão, pode proporcionar a concentração das produções térmicas nas centrais de custo variáveis mais baixos, o que atendendo às diferenças existentes entre os custos da caloria fóssil e nuclear, constituirá uma fonte de receita que não é de desprezar.

Não devemos deixar de acrescentar que com esta estratégia de prioridade para as albufeiras se acelera o combate às cheias nos cursos inferiores dos nossos rios.

Há no entanto que notar que para graus de aproveitamento muito elevados, isto é, para valores de CP/M próximos de 1,5, a potência térmica de apoio indicada por (4.1), pode não ter entrada na cava do diagrama, mesmo com reduzidos fios de água, havendo então que recorrer à bombagem ou a sobreequimento térmico. Todavia, nessa altura, a potência térmica necessária é imposta por considerações de ponta, deixando (4.1) de ter interesse para a fixação da potência necessária.

4.1.2 — *Potência térmica necessária à garantia da ponta anual do diagrama*

Fixada a potência hídrica disponível útil, PH, e conhecida a ponta do diagrama de cargas, P, a potência térmica disponível útil terá de ser maior ou igual a

$$PT_2 = P - PH \qquad (4.2)$$

Atendendo à necessidade de reservas, a potência térmica instalada foi suposta não inferior a 1,2 PT_2. Este factor, 1,2, parece admissível, pois a reserva girante encontrar-se-á concentrada nas centrais hídricas na medida que o sistema de interligação e transporte o permitir. (O sistema inglês, quase exclusivamente térmico e com centrais de idade muito diferente, apresenta agora o factor 1,16).

4.2 — *Análise qualitativa*

4.2.1 — *Critério de escolha*

Entre as diferentes soluções tècnicamente possíveis existem diferenças enconómicas geralmente caracterizadas pelos custos de produção independentes de energia produzida — custos fixos — e pelos custos de produção variáveis, muitas vezes considerados proporcionais à energia produzida. Qualquer central com custos fixos e proporcionais simultâneamente superiores a outral central tècnicamente idêntica é eliminada econòmica-

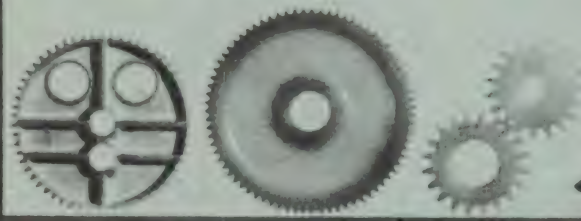
Uma roda dentada como qualquer outra?

Não, pois que ela é de ®Durethan BK, a poliamida (Nylon 6) de alta qualidade, das Farbenfabriken Bayer, Leverkusen.

Rodas dentadas de Durethan BK suportam cargas até 300 kg/cm, na base do dente. Graças às suas excelentes propriedades de deslizamento, as rodas dentadas de Durethan BK podem trabalhar, se for preciso, sem lubrificante. A extraordinária resistência à abrasão, do Durethan BK, que é igualada apenas por poucos materiais, permite usar rodas dentadas de Durethan BK a engrenar com rodas dentadas de aço. As propriedades de amortecimento de pancadas e de vibrações conduzem a um funcionamento silencioso e uniforme de tais engrenagens combinadas.

O Durethan BK reune ainda as propriedades de máxima tenacidade, rigidez e dureza. Admite uma temperatura constante de trabalho, de cerca de 90° C., porém, por curtos espaços de tempo resiste mesmo a temperaturas bastante mais elevadas. Tem uma resistência extraordinária aos carburantes, a quase todos os dissolventes normalmente usados e a muitos agentes químicos, com excepção dos ácidos, o que torna este material especialmente valioso.

Os nossos representantes de bom grado lhe darão mais informações sobre o Durethan BK



S.A.R.L. QUIMICOR, Representante em Portugal
Lisboa: Rua Sociedade Farmacêutica, 3,
Tel. 42 194
Porto: Rua de Santos Pousada, 441, Tel. 54 141

2760

®durethan bk

BAYER

ASEA ELÉCTRICA L.DA

SEDE EM LISBOA
R. DE ARTILHARIA UM, 104,4.º-D.º
Telefone P.P.C. — 68 90 17/8/9

END. TELEG.
ASEAPORT

FILIAL NO PORTO
R. DO CAMPO ALEGRE, 144
Telefone P.P.C. — 6 21 06/7

BOMBAS

Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

confiança para a construção com

materiais novobra

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

pavimentos
coberturas
vigas de grande vão
asnas
perfis

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS, NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100, 5.º D - TEL. 77 48 32/76 64 46 - LISBOA-5

Companhia Portuguesa de Trefilaria

S. A. R. L.

ARMADURAS PRÉ-FABRICADAS **MALHASOL**

Tensão de segurança 3.000 Kg/cm²

AÇO BI

Tensão de segurança 4.000 Kg/cm²

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO

que pela eficiência técnica e económica a que conduzem, são um indispensável elemento na moderna construção civil

Para qualquer obra em betão armado consulte:

DIAL — GABINETE TECNICO
R. DO INSTITUTO INDUSTRIAL, 18-1.º DT.º
TELEFONES 67 12 24/5 E 67 37 85 — LISBOA

mente. Assim, apenas há que escolher entre centrais em que os maiores custos fixos podem ser compensados por menores custos variáveis e vice-versa.

Admitindo se que, durante a vida económica dos empreendimentos em causa, a evolução do sistema se dá de forma a não provocar a redução do interesse dos diferentes tipos, a selecção de cada central pode basear-se apenas na análise do período compreendido entre a integração de duas centrais consecutivas.

Apesar disto, o problema da distribuição temporal dos encargos de primeiro investimento continua por resolver. Assim, para rodear esta dificuldade, em vez de se apresentar um método de cálculo e uma série de valores justificando os custos de produção de cada tipo de central, prefere-se indicar as utilizações delimitando o domínio de aplicação económico de cada tipo de central; só estes valores são determinantes e podem corresponder a inúmeras hipóteses de custo de primeiro investimento, taxas de actualização, custos de exploração e de combustível, rendimentos, etc.

Em períodos húmidos, as centrais térmicas são empurradas para a ponta do diagrama, sendo a utilização, u_d, resultante para cada central, função da flexibilidade de marcha e da posição relativa no diagrama.

Em períodos secos, algumas centrais serão chamadas à função de apoio em energia, sendo colocadas na base do diagrama, com a utilização u_a.

Embora a posição de cada central térmica no diagrama dependa da abundância ou escassez de água, a posição relativa das diferentes centrais térmicas mantém-se inalterável: as centrais de custos variáveis mais elevados são repelidas para a ponta pelas de custos variáveis mais baixos e nenhuma central será chamada ao serviço de apoio em energia enquanto não estiverem nessa função todas as que apresentarem custos variáveis inferiores.

Sendo p a probabilidade de ser necessário o apoio duma central, a esperança matemática da sua utilização será

$$u = u^d\,(1-p) + u^a p \qquad (4.3)$$

Pelas razões expostas em 4.1.1 podemos supor $u^a = 1$, pelos menos durante a primeira fase de transição do sistema electroprodutor de predominantemente hídrico a prodominantemente térmico e, em especial, para as centrais de custos variáveis mais baixos. Efectivamente, a entrada na base do diagrama das centrais de custos variáveis mais elevados não depende só dos fios de água existentes, mas também da potência instalada com custos variáveis inferiores. No entanto, supondo que a manutenção das centrais térmicas de apoio é concentrada nos períodos húmidos enquanto que a das centrais hídricas é concentrada nos períodos secos, supor $u^a = 1$ parece ser admissível durante todo o período em análise, mesmo para as centrais convencionais, tanto mais que o recurso ao seu apoio em energia só será solicitado nos anos mais secos.

Supondo as diferentes potências térmicas P_1, P_2, $P_3 \ldots$, $P_i \ldots$, P_n, ordenadas segundo custos variáveis crescentes, u_i^d depende da flexibilidade de carga da central e da relação

$$\sigma_i = \frac{PH + \sum_{j=1}^{i} P_j}{P} \qquad (4.4)$$

onde P é o valor da ponta do diagrama. Atendendo que para valores de σ_i elevados, isto é, para pequenas fracções térmicas da ponta, a utilização das centrais de base depende principalmente da sua flexibilidade, foi admitido que as centrais nucleares e convencionais, quando solicitadas ao serviço de ponta, conduziam a $u^d = 0{,}25$. Se a comparticipação era dispensada, o que sucede enquanto

$$PH + \sum_{j=1}^{i} P_j \geqslant P$$

$$u_i^d = 0$$

À medida que a comparticipação térmica na ponta se torna importante, a aproximação $u^d = 0{,}25$ pode começar a não ser válida. Como tal facto só se verifica no último lustro de período em análise, pareceu-nos agora desnecessário libertarmo-nos desta aproximação, limitando-nos a corrigir o valor da energia associada à comparticipação térmica na ponta. Assim, sempre que o valor da energia térmica necessária ao preenchimento da ponta, expeditamente medido em curvas de concentração anual, exceda a energia produzida pelas centrais térmicas convencionais e nucleares supostas com $u^d = 0{,}25$, é o

valor obtido pelas curvas de concentração que é considerado. Deste modo, enquanto que a linha 16 do quado I indica a energia que resultaria da comparticipação das centrais térmicas de base na garantia da ponta supondo $u^d = 0{,}25$, a linha 17 apresenta a energia térmica calculada expeditamente pela curva de concentração. A linha 18 apresenta o valor adoptado, isto é, o maior dos valores das linhas 16 e 17.

O valor p_i da expressão (4.3), traduzindo a probabilidade de ser necessário o apoio da central i, depende do valor das afluências relativamente aos consumos e, ainda, da potência instalada com custos variáveis mais baixos. Pode ser calculado pelo valor de p que verifica a seguinte expressão

$$EH(p) + \sum_{j=1}^{i} (u_j^d - u_j^d)\, P_j = CP - ETF \qquad (4.5)$$

onde $EH(p)$ é a energia afluente colocável com a regularização existente com a probabilidade p de não ser excedida, u_j^a e u_j^d são a utilização da potência térmica P_j quando em serviço de apoio em energia e de complemento da potência, CP são os consumos permanentes e ETF a energia resultante do funcionamento das centrais térmicas em simples complemento de potência.

Se, como acima dissemos, admitirmos que os consumos não permanentes são satisfeitos enquanto houver energia nuclear disponível, o que parece razoável pois os custos atribuídos ás produções para estes consumos são superiores aos custos variáveis das centrais nucleares, sempre que se trate duma central deste tipo devemos acrescentar no segundo membro de (4.5) os consumos são permanentes, isto é, em vez de CP devemos ter $CT = CP + CNP$.

O cálculo exacto de ETF é

$$ETF = \sum_{i=1}^{i} P_i\, u_i^d \qquad (4.6)$$

sendo u_i^d função de σ_i. No entanto, como se adoptou a simplificação de supor para as centrais nucleares e convencionais $u^d = 0{,}25$, apenas se calcula expeditamente ETF quando o diagrama exige um valor superior.

Conhecida a curva $EH(p)$, é fácil determinar as potências de esperança matemática de utilização maior ou igual a um valor u_i. Efectivamente, CP e CNP são dados (ver linhas 1, 2, 6, 7 do quadro I) e ETF encontra-se calculada (linha 18 do quadro I). Assim, por exemplo, a potência nuclear de utilização maior ou igual a 0,8 será, no caso de apenas ser necessária para apoio em energia

$$PN_1(0{,}8) = \frac{CT - ETF - EH(0{,}8)}{u^a}$$

e, no caso de ser indispensável a sua contribuição para a ponta

$$PN_2(0{,}8) = \frac{CT - ETF - EH(p)}{u^a - u^d}$$

onde p é dado por

$$0{,}8 = u^d(1 - p) + p\, u^a$$

Antes de iniciarmos a determinação das potências de diferentes utilizações marginais, convém fazer algumas considerações sobre $EH(p)$. Na realidade, $EH(p)$, além de estar estreitamente relacionada com as características hidro-climáticas do país, depende da composição do sistema, em especial, das albufeiras existentes e capazes de transferirem afluências de períodos húmidos para períodos secos. $EH(p)$ depende ainda do critério seguido na exploração do sistema hídrico.

A curva *a* da figura 1 corresponde à função $EH(p)$ que resultaria da exploração do sistema com uma perfeita regularização anual. Pressupõe portanto a existência de albufeiras suficientes para transferirem para o verão as afluências em excesso no inverno, o que aumenta com o grau de aproveitamento do sistema, sendo necessária a capacidade de cerca de 30 % das afluências de ano médio para $\beta = 0{,}9$ e cerca de 40 % para $\beta = 1{,}5$.

A curva *b* da figura 1 representa a função $EH(p)$ supondo apenas a existência de regularização mensal.

A curva *c* corresponde a uma capacidade de regularização de 20 % da afluência anual média ao sistema. A curva *c'* supõe, além desta capacidade de regularização anual de 20 %, uma capacidade interanual capaz de garantir uma produção hídrica permanente igual a 0,7M, isto é, uma capacidade interanual entre 25 e 30 % da afluência média anual conforme o grau de garantia desejado.

Pelo menos de forma implícita qualquer programa de equipamento pressupõe a adopção de

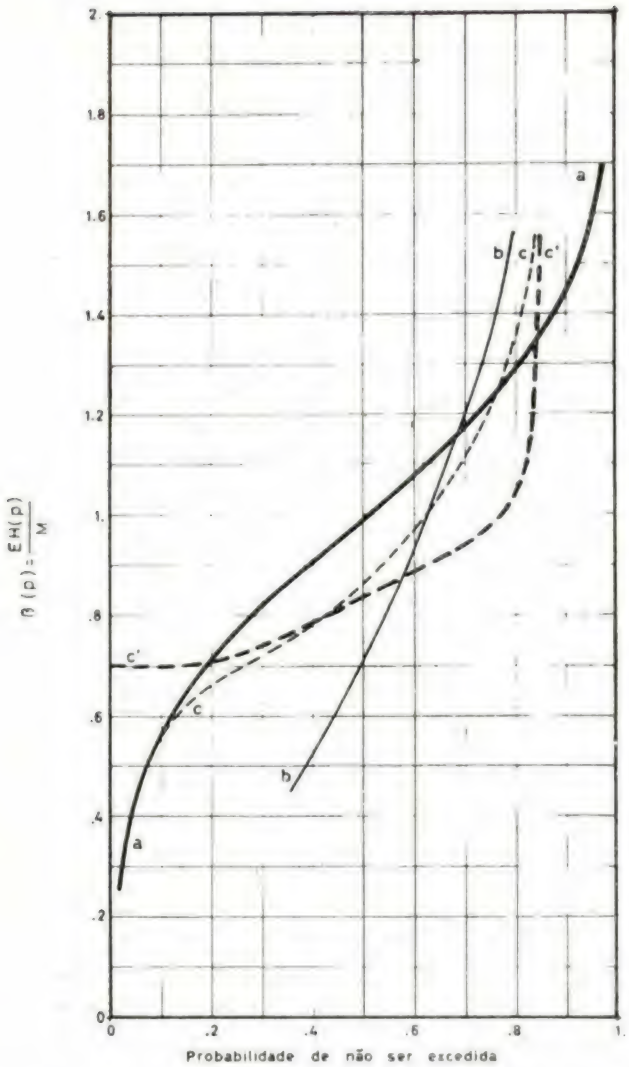


Fig. 1 — Produtividade do sistema hídrico em função da probabilidade de não ser excedida (*a* – Boa regularização anual, *b* — só com regularização mensal, *c* — com capacidade de regularização anual limitada a 0,2 m, *c'* — idem, mais capacidade interanual suficiente para a garantia de $\beta = 0{,}7$ m)

um critério de exploração, existindo uma ligação estreita entre os dois. Assim, se o critério de exploração é o da minimização das despesas compatível com um certo risco de não satisfação dos consumos, este risco condiciona o aproveitamento das reservas interanuais ou estivais e, portanto, a utilização das diferentes centrais existentes. Como a escolha destas centrais, quando do seu planeamento, deve ter em conta esta utilização, o critério de exploração condiciona o programa de equipamento.

Por outro lado, a exploração do sistema depende também do equipamento existente. Assim, quando o sistema é ainda quase só hídrico e o parque térmico muito homogéneo, a minimização das despesas de exploração implica a minimização da produção de energia térmica, o que corresponde à maximização da produção hídrica.

Então, enquanto existirem reservas, a produção térmica apenas se justifica para reduzir o risco de não satisfação dos consumos.

À medida que o parque térmico se torna importante e com diferentes custos variáveis, é interessante tentar concentrar as produções térmicas nas centrais de custos variáveis mais baixos, provocando o funcionamento destas ainda com reservas hídricas importantes, na esperança de evitar recorrer ulteriormente às centrais de custos variáveis mais elevados. Neste caso, o arranque das centrais de apoio de menores custos variáveis pode não depender do risco de não satisfação dos consumos e o desperdício de água que este método de exploração acarreta é compensado pelas poupanças conseguidas no combustível.

À adopção de um ou outro método corresponde uma dada curva EH (p) ainda que a composição do equipamento hídrico seja bem determinada. Assim, a minimização da produção térmica corresponde à curva EH (p) compatível com o equipamento existente que, em conjunto com o eixo das ordenadas, limita uma menor área até ao grau de aproveitamento considerado.

Os cálculos expeditos de simulação da exploração do sistema que conduziram às curvas da figura 1, parecem mostrar que o valor desta área é pouco sensível ao traçado da curva. Neste caso, enquanto o equipamento térmico apresentar custos variáveis de produção pouco diferenciados, as vantagens a procurar estão principalmente na redução da potência de apoio, destinando parte das albufeiras estivais existentes às reservas interanuais. Mesmo que a energia térmica a produzir seja pouco afectada por esta decisão, pode-se conseguir pelo menos poupança no equipamento.

Existindo centrais com custos variáveis de produção diferenciados, importa não só conhecer a energia térmica necessária mas ainda a sua distribuição pelas diferentes centrais. Uma vez que aos menores custos variáveis correspondem as maiores utilizações, entre as possíveis curvas EH (p) delimitando a mesma área, é mais interessante a que menos ràpidamente se afasta

do eixo das ordenadas, pois a ela corresponde a menor quantidade de energia produzida a custos mais elevados. Conclusão que não se opõe à anterior mostrando o interesse de eliminar totalmente a produção de certas centrais pela constituição de reservas interanuais.

No entanto, desde que a potência térmica necessária seja imposta pela ponta do diagrama e não pela garantia em energia, o interesse das reservas interanuais diminui. Então, para graus de utilização elevados, a escolha de EH(p) deve cair na curva que, para igual produção de energia térmica, mais se afasta do eixo das ordenadas, pois ela corresponde à maior concentração da produção térmica pelas centrais de custos variáveis mais baixos.

Atendendo a que a nota IC.4 prevê a possibilidade de uma produção hídrica permanente igual 0,7M, o dimensionamento do sistema térmico foi inicialmente calculado a partir da curva c' da figura 1. Porém, para graus de aproveitamento superiores a 1.4, foi usada a linha a, reflectindo não só o facto de a potência térmica ser então fixada por razões de ponta e não de energia, mas possibilitando também uma maior concentração das produções nas centrais térmicas de custos variáveis mais baixos que o sistema nessa altura admite.

4.2.2 — *Potência térmica convencional e nuclear*

Em 4.1 foi calculada a potência térmica total necessária. Desta, será convencional ou nuclear a que apresentar uma esperança matemática de utilização marginal superior a um dado valor u_c. Fizemos $u_c = 0{,}15$. No entanto, como as centrais convencionais são destinadas frequentemente a serviço de ponta e possuem pequena flexibilidade de carga, admitimos que u_c possa vir a ser bastante superior. Julgou-se contudo inconveniente introduzir uma complicação suplementar no cálculo, fazendo depender u_c da frequência do serviço de ponta.

Assim, a potência térmica de utilização maior ou igual a 0,15 é dada pela resolução simultânea de (4.3) e (4.5), isto é, de

$$p = \frac{u_c - u_d}{u_a - u_d}$$

$$PT_3 = \frac{CP - ETF - EH(p)}{u_a - u_d} = \frac{\beta e^{-EH(p)}}{u_a - u_d}$$

Se $PT_3 < P - PH$, isto é, se o serviço de todas as centrais térmicas é apenas solicitado por questões de energia e não de potência, $u_d = 0$ e p poderá ser considerado igual a 0,15 se, como vimos, se admite que os fios de água não dificultam a entrada no diagrama. Então, se $\beta_e \leqslant 1{,}4$, $EH(p) = 0{,}7M$ e, se $\beta_e > 1{,}4$, $EH(p) = 0{,}65M$.

Se $PT_3 < P - PH$, isto é, se é indispensável a presença de toda a potência convencional na ponta, continuando a considerar $u_d = 0{,}25$, p seria negativo, o que implicaria a não existência de centrais de ponta. A verdade é que uma central que tenha uma probabilidade muito pequena de prestar apoio deve ser uma central típica de ponta; então, no cálculo de p, u_d é quase nulo e caímos nos valores numéricos anteriores. No entanto, em (4.5) $u_d = 0{,}25$.

A linha 21 do quadro I apresenta o valor da razão β (0,15) / M, válido para cada hipótese de base e ano. Os valores da linha 22 correspondem as potências térmicas com esperança matemática de utilização igual ou superior a 0,15.

4.2.3 — *Potência térmica nuclear*

Uma vez que se admitiu em 3.2 que os consumos não permanentes deviam ser fornecidos enquanto houvesse energia nuclear disponível, na expressão 4.3, em vez de CP, deve aparecer CP + CNP. Por outro lado, como se admite por simplificação que, quer para as centrais nucleares quer para as convencionais e independentemente da posição no diagrama, $u_d = 0{,}25$, a potência nuclear de esperança matemática de utilização igual ou maior que u_n é dada aproximadamente por

$$p = \frac{u_n - u_d}{u_n - u_a}$$

$$PN(u_n) = \frac{CP + CNP - ETF - EH(p)}{u_a - u_d}$$

Como vimos em 4.1 e pelo menos, até próximo de 1985, parece não haver razão de admitir dificuldades para a potência nuclear, de entrada na cava do diagrama, pelo que é razoável supor $u_a = 1$.

Embora se tenha feito a correcção da energia térmica fatal sempre que o diagrama impõe um valor superior ao que resultaria duma utilização $u_d = 0{,}25$, é de crer que nas proximidades

de 1985 a expressão 4.5 conduza a valores por defeito, em especial, relativamente às potências de custos variáveis mais baixos. Efectivamente, no último lustro, é possível que por imposição do diagrama, u_d seja maior que 0,25 para algumas centrais.

O quadro I apresenta os valores das potências nucleares calculados para $u_n = 0{,}5$, 0,6, 0,7, 0,8 e 0,9. Estão indicados os valores de p correspondentes quando a presença da central na ponta é indispensável e os valores da relação $\beta_n = \frac{EH(p)}{M}$ correspondentes. Como anteriormente, foi adoptado a curva c' da figura 1 para $\beta_e < 1{,}4$ e a curva a para valores do $\beta_e > 1{,}4$.

As figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam gràficamente a evolução destas potências nucleares, tendo sido sobreposto o programa de centrais nucleares correspondente supondo que estas se justificam para $u_c \geqslant 0{,}5$ e que a potência útil é igual à do projecto REP — 0 da CPIN, isto é, 235 MW.

Admitindo que as centrais de u = 0,9 poderiam ser de urânio natural foi feita a sua separação.

Apesar das curvas estarem relativamente mal definidas pelo pequeno número de pontos calculados, graças à dimensão das centrais consideradas, tem-se uma ideia razoável da evolução da utilização média de cada central.

4.2.4 — *Potência térmica de Ponta*

A diferença entre os valores das linhas 19 e 22 do quadro I correspondem às potências de ponta. São bastante sensíveis ao sobreequipamento hídrico praticado, havendo que considerar a sua introdução antes de 1980 se este sobreequipamento for reduzido.

5 — CONCLUSÕES

O quadro I e as figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam os resultados obtidos dentro das hipóteses con-

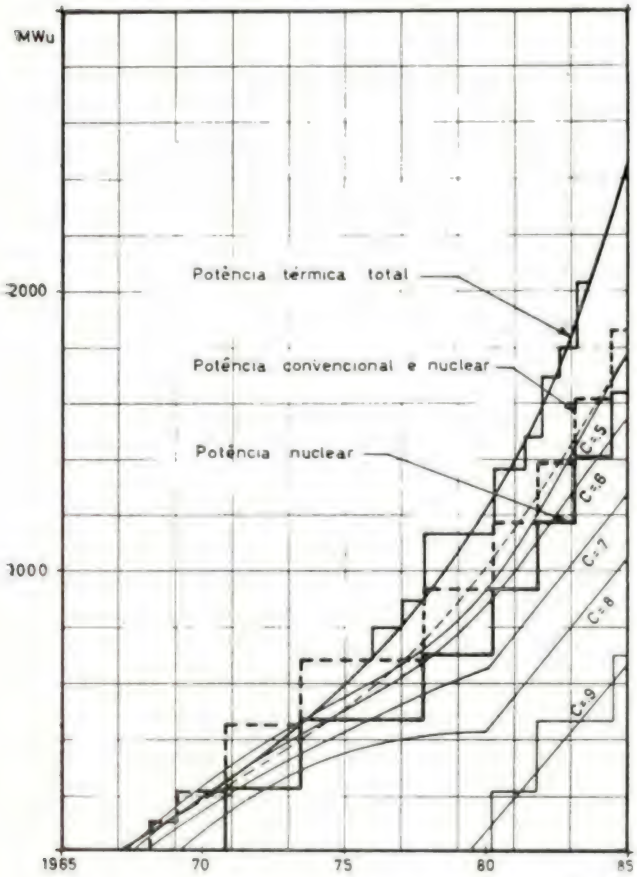


Fig. 2 — Evolução do sistema térmico supondo as hipóteses A_a de expansão dos consumos e do sistema hídrico (C = Colocabilidade marginal da potência nuclear)

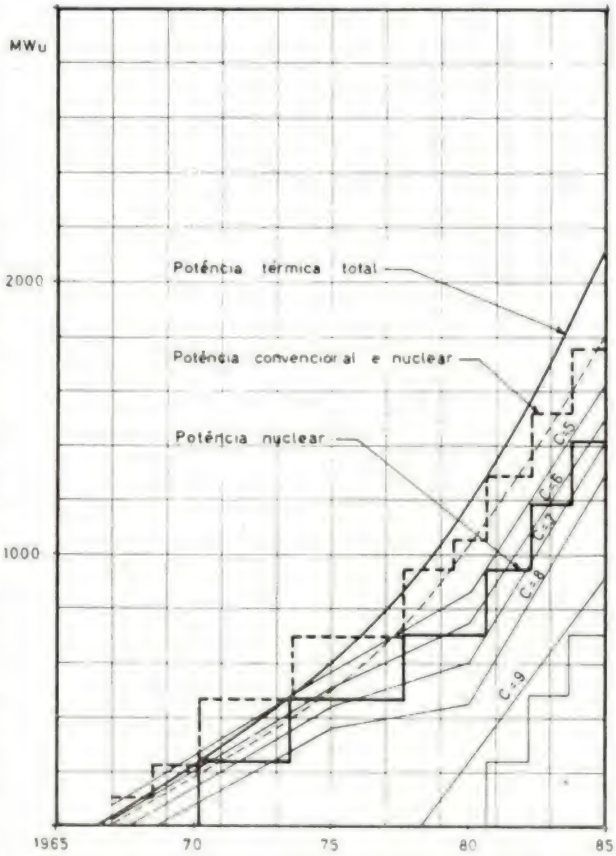


Fig. 3 — Evolução do sistema térmico supondo as hipóteses A_b de expansão dos consumos e do sistema hídrico (C = Colocabilidade marginal da potência nuclear

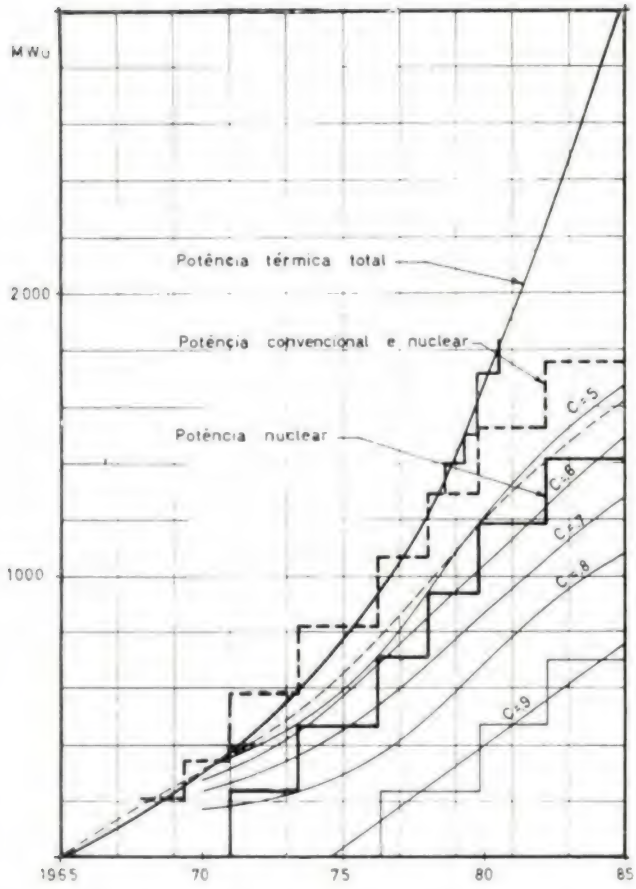


Fig. 4 – Evolução do sistema térmico supondo as hipóteses B_a da expansão dos consumos e do sistema hídrico (C = Colocabilidade marginal da potência nuclear)

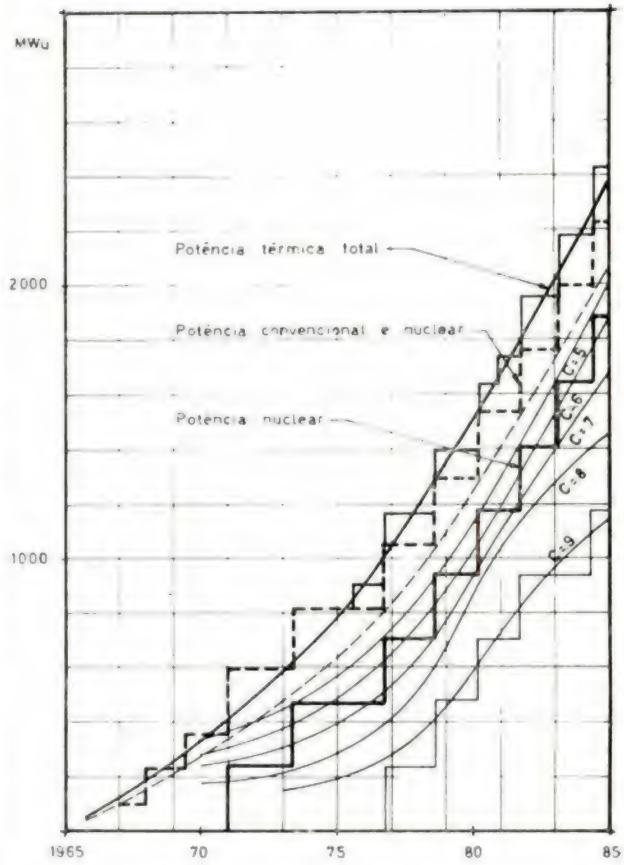


Fig. 5 — Evolução do sistema térmico supondo as hipóteses B_D da expansão dos consumos e do sistema hídrico (C = Colocabilidade marginal da potência nuclear)

sideradas. Parece no entanto interessante chamar a atenção para o facto de a potência térmica convencional necessária à nova rede ser diminuta e de lenta evolução. Assim, um atraso na introdução de centrais nucleares apresenta-se difícil de recuperar podendo reflectir-se nos custos de exploração do sistema durante um período bastante longo. Por outro lado, como este estudo parece aconselhar a integração da primeira central nuclear no biénio 1970-71, a alternativa pode impor-se relativamente aos últimos grupos da térmica do Sul. Na verdade, se estes grupos substituirem o primeiro reactor por impossibilidade prática de realizar uma central nuclear até então (o que implica a resolução prévia dos problemas tais como a escolha do tipo de reactor mais adequado às condições nacionais e da sua localização), não só o aumento do custo de exploração do sistema se pode afastar do óptimo durante alguns anos, como há que contar com sérias dificuldades nos fornecimentos dos consumos não permanentes devido ao facto dos preços praticados não comportarem a produção de energia a partir de combustíveis fósseis.

Parece também interessante notar que o programa de equipamento nuclear apresenta uma expansão rápida proporcionando a correcção fácil de erros se por ventura se vier a verificar ulteriormente que tinha havido um avanço indevido na integração da energia nuclear. A eventualidade de tal ocorrência parece muito remota.

Notações

CP Consumos permanentes
CNP Consumos não permanentes.
CT Consumos totais CT = CP + CNP.
EH (p) Energia afluente colocável com a pro-

babilidade p de não ser ultrapassada. Depende das características do sistema hidroprodutor e do critério de exploração.

ETF Energia térmica fatal, energia térmica produzida apenas por necessidades de potência.

fs Factor de sobreequipamento hidroeléctrico $fs = \theta.PH/M$.

M Energia afluente e colocável média.

P Ponta anual do diagrama.

P_i Potência útil disponível da central i.

PH Potência hidroeléctrica útil disponível.

PN Potência nuclear útil disponível.

PT_1 Potência térmica disponível útil necessária à garantia em energia.

PT_2 Potência térmica disponível útil necessária à garantia em potência.

PT_3 Potência térmica convencional e nuclear, disponível útil.

PTI Potência térmica total instalada.

u Utilização da potência térmica útil.

u^a Utilização da potência útil disponível de uma central térmica quando necessária por razões de energia.

u^d Utilização da potência útil disponível de uma central térmica necessária só por razões de potência. É função da forma do diagrama, de α e da flexibilidade da mudança de carga.

α Posição de uma central térmica no diagrama de cargas quando não é necessário o seu apoio em energia.

β Grau de aproveitamento do sistema hidroeléctrico CT M.

β_e Grau de aproveitamento efectivo. (CT — — ETF)/M ou (CP — ETF/M).

$\beta(p)$ Grau de aproveitamento do sistema em que a duração média marginal da produção hídrica é igual a $\beta(p) = EH(p)$ M.

θ Factor de carga do diagrama.

BIBLIOGRAFIA

[1] — Comitato Nazionale Energia Nucleare — Studio Preliminare degli Effetti Economici dell'Inserimento in Rete di Centrali Nucleari di Potenze — Doc. Daise (63) 32.

[2] — The Central Operating Management (Sweden) — The C. D. L. Study of the Electric Power Production in Sweden in the 1970's — Vällingby 1962.

[3] — Electricity in Scotland — Report of the Committee on the Generation and Distribution of Electricity in Scotland — Ediburg 4, Nov. 1962.

[4] — F. Ivo Gonçalves — Estudo Energético — CPIN, 1961

[5] — Repartidor Nacional de Cargas — Análise da Contribuição de um Aproveitamento para a Cobertura de um Diagrama de Cargas — Lisboa, 1961.

[6] — A. L. Garcia — A Potência Nuclear no Complemento Térmico do Sistema Electro-produtor Português — Energia Nuclear N.º 1, 1963.

[7] — Sven Lalander and J. E. Riman — Economic comparison between different kinds of hydro and thermal power plants — Sixth World Power Conference, Melbourne, 1962, Paper 131 V. 1/11.

[8] — K. Darin, Y. Larson, C. E. Lind e outros — Principles of Power Balance Calculations for Economic Planning and Operation of Integrated Power Systems — Estocolmo, 1959.

[9] — C. E. Lind, G. Lindström and J. E. Ryman — Economics of Nuclear Power and Coventional Thermal Power in a Typical Hidroelectric System — Geneva, 1958 P/134 Sweden.

[10] — A. Oechslin — Laugfristige Investitionsplanung in der Elektrizitaetswirtschaft durch Lineare Programmierung — BM Seminar Electric Power Production, 1962.

[11] — A. A. Fernandes — A competividade da energia nuclear em Portugal: elementos para a sua análise — Publicação 62 13, CPIN, 1962.

[12] — J. Pires Lourenço — A utilização em Portugal de Centrais Nucleares na Produção de Energia Eléctrica — Revista de Economia, Março 1962.

[13] — T. Zerbi — Evoluzione dei cost dell'energie elettro-nucleare e problemi di competividade rispetto dell'energia eletrica — 1962.

[14] — Carvalho Xerez e Sidónio Pais — Méthodes d'utilisation annuelle et interanuelle de l'eau des grandes retenues, dans un sistème interconnecté avec forte incidence de la production hidraulique — UNIPEDE, Congrès Baben-Baden, 1961.

[15] — G. Gimstedt — Functional Interrelation between Conventional and Nuclear Production — WPC, Madrid, 1960.

[16] — J. E. Ryman — Co-operation of Hydro-electric Power, Conventional Thermal Power and Nuclear Power — Estocolmo, 1958.

[17] — J. Lindqvist — Operation of a Hydrothermal Electric System: A multigrade Decision Process in Power Apparatus and Systems — April 1962.

[18] — R. N. Brudenell and J. H. Gilbreath — Coordinate Use of Hydro and Steam Generation — Proceedings of the American Power Conference, 1961.

[19] — R. N. Brudenell and J. H. Gilbreath — Economic Complementary Operation of Hydro Storage and Steam Power in the Integrated TVA Sistem.

[20] — C. J. Baldwin — Results of Long-range Planning by Simulation — Proceedings of the American Power Conference. Vol. XXIII, 1961.

[21] — Fritz Haemmer — Détermination de la puissance à donner aux centrales hydrauliques en tenant compte de leur encadrement dans l'exploitation des réseaux inter-connectés avec d'importantes centrales thermiques (classiques et nucléaires) — Lausanne, 1958.

SUMÁRIO

Apresenta-se um modelo de cálculo das utilizações das centrais térmicas num sistema electroprodutor predominantemente hídrico que se supõe explorado e concebido de modo a minimizar os custos totais da produção. Faz-se a sua aplicação ao sistema português e tenta-se apresentar a melhor combinação de centrais térmicas, nucleares, convencionais e de ponta, a instalar nos próximos 20 anos conforme as hipóteses admitidas para o desenvolvimento do sistema hidroeléctrico e dos consumos a satisfazer.

SUMMARY

A calculation method to access the load factors of the thermal plants in a predominantly hydroelectrical system is presented. The electrical system is supposed ran and projected with the aim of getting the minim costs.

With this model, the Portuguese electrical system is analysed and it is tried to get the best combination of thermal plants — nuclear, convencional and special ones to peak loads — which would be installed in Portugal in the next 20 years according to the estimated development of the hidroelectric system and consumption.

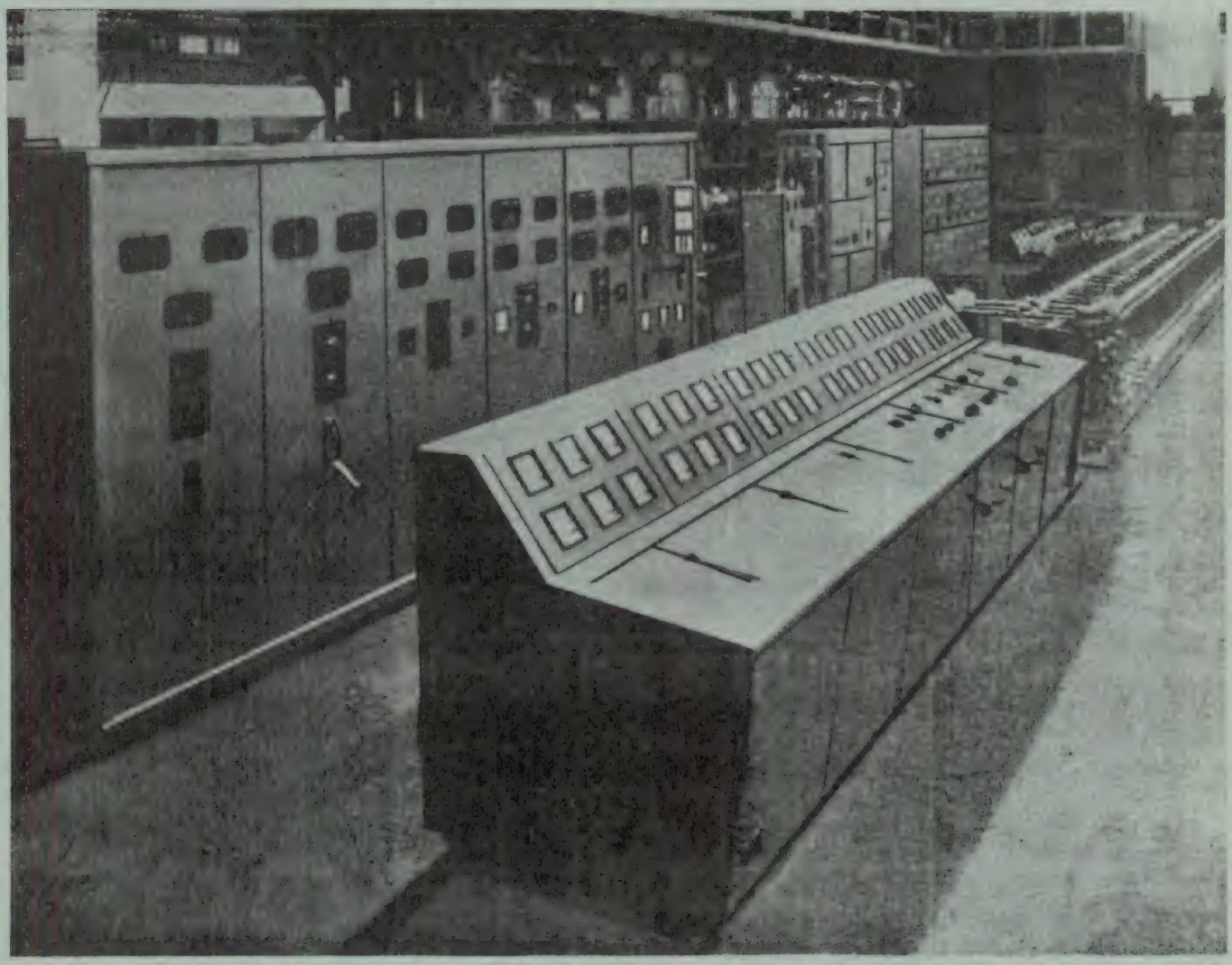
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

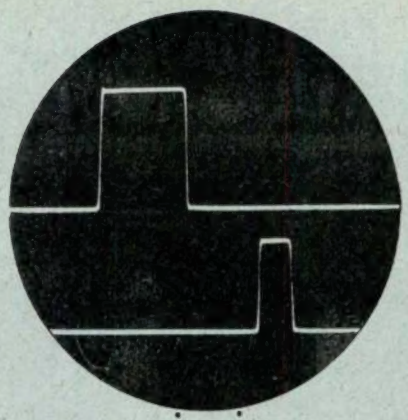
LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743

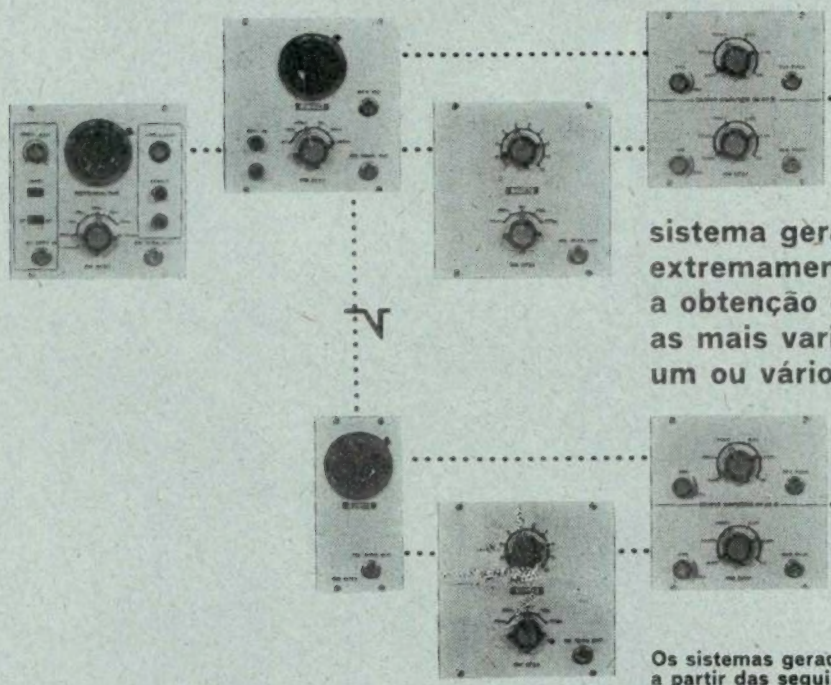


Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

novo
gerador de impulsos,
constituído por modulos
independentes, com
características únicas!





sistema gerador de impulsos extremamente flexível, permitindo a obtenção de impulsos com as mais variadas formas em um ou vários canais

Os sistemas geradores de impulsos podem ser construídos a partir das seguintes unidades:

Gerador principal PM 5720: 10 c/s – [illegible] Mc/s. Disparo externo 0-15 Mc/s. Disparo independente/comando a distância

Unidade de atraso/formatura de impulso para tempos curtos PM 5722: 10 ns – 1 ms

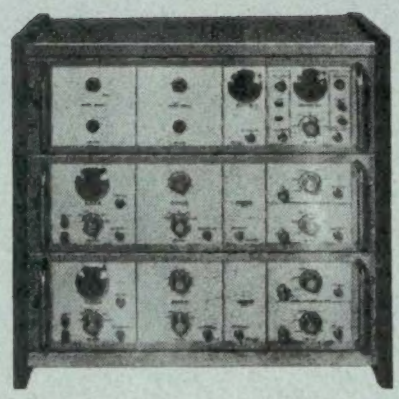
Unidade de atraso/formatura de impulso para tempos longos PM 5723: 1 μs – 1 s. Saída comandada por impulso externo. Possibilidade de modulação do impulso em duração ou atraso

Unidade de ligação PM 5725: para ajuste adicional da duração ou atraso do impulso quando em ligação com a PM 5723

Unidade com circuito "AND-OR" PM 5732: misturador e comando para os impulsos tipo função de Dirac do sistema

Unidade de saída PM 5727: saída máxima: 5 V sobre 50 ohms saída mínima: 5 mV sobre 50 ohms. tempo de crescimento e de descida < 10 ns.
impulsos positivos e negativos disponíveis simultaneamente

Unidade de alimentação PM 5740: 110 – 245 V, 50–60 c/s



PHILIPS

instrumentos electrônicos
de medição

Vendas e assistência técnica em todo o Mundo

Philips Portuguesa S.A.R.L.,

Rua Joaquim Antonio d'Aguiar 66, LISBOA

Philips, Dept^{o}. EMA, EINDHOVEN, Holanda

Para mais detalhes àcêrca da gama completa de aparelhagem de medida e de micro-ondas PHILIPS pedir o catálogo de 1964, ref.n°.80.053B.

C. D. U. 543.2.062:546.18

DOSEAMENTO DO FÓSFORO EM ADUBOS

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO MÉTODO GRAVIMÉTRICO DO FOSFATO AMONÍACO MAGNESIANO E PELO MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DO MOLIBDOVANADATO

POR MARIA MARGARIDA CARMO
Licenciada em Ciências Físico-Químicas
Técnico do Laboratório Químico da C. R. P. Q. F.

Apresentando-se com frequência ao Laboratório da Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmacêuticos a análise de adubos, para exportação, pôs-se o problema da revisão dos seus métodos analíticos, nomeadamente para azoto, fósforo e potássio.

Com efeito, os métodos oficiais de adubos, obrigatórios nos laboratórios dependentes da Direcção-Geral da Agricultura datam de 1917 (Portaria de 28 de Junho de 1917); a ausência de normas dos países que importam ou, pelo contrário, a obrigatoriedade de análises, segundo certas especificações impostas pelos compradores, levou-nos ao estudo de métodos mais actualizados, precisos e rápidos.

É uma compilação de valores comparativos e de aperfeiçoamentos introduzidos em técnicas conhecidas o trabalho que ora se apresenta para os três elementos macronutrientes.

I — GENERALIDADES

Os métodos de doseamento do P_2O_5 em adubos têm sido objecto de viva discussão pelas divergências verificadas mesmo entre as técnicas adoptadas pelos diferentes países, o que origina naturalmente confusão no plano comercial, e traduz a necessidade de se escolher um método geral reprodutível e rigoroso.

As divergências fundamentais derivam do modo de solubilização da amostra e da técnica de doseamento empregada.

Em regra os modos de solubilização na água conduzem a resultados comparáveis, enquanto a solubilização em citrato neutro ou em citrato alcalino (técnicas Peterman e Joulie) dá origem a diferenças consideráveis principalmente entre Laboratórios. A tendência actual parece ser a de escolher o citrato neutro, de resultados mais altos e de acordo com composições teóricas, seguindo-se fielmente uma técnica cuja reprodutibilidade e precisão estejam bem estudadas.

Em qualquer caso deve definir-se o peso da amostra, granulometria, condições de temperatura, agitação, tempo de contacto, quantidade de reagente, volume final, etc.

Os métodos de doseamento e as numerosas técnicas experimentadas podem agrupar-se em: gravimétricas, volumétricas e colorimétricas (espectrofotométricas).

a) Método do fosfato-amoníaco-magnesiano

O princípio deste método baseia-se na precipitação do fosfato-amoníaco-magnesiano em presença do citrato de amónio que mantém o cálcio, alumínio e ferro em solução. Na realidade produz-se um ligeiro arrastamento de cálcio mas, por outro lado, pode ficar algum P_2O_5 por solubilizar, e nas técnicas divulgadas procuram compensar-se estes erros. A precisão pode atingir cerca de $\pm$ 0,2 % e um analista experimentado obtém, em regra, diferenças mínimas entre ensaios da mesma amostra. No entanto os resultados de vários Laboratórios são bastante divergentes pelo que é indispensável a tolerância de 0,5 %.

Em ensaios sobre soluções sintéticas reproduzindo o mais exactamente possível as condições dos fosfatos naturais verificou-se que o método citromagnesiano dá boa concordância com o teor de P_2O_5 existente nas misturas, desde que se

mantenham as habituais precauções, pelo que é o método mais oficializado embora as técnicas adoptadas nos diferentes países dêem diferenças.

b) Método do fosfomolibdato

As várias técnicas gravimétricas e volumétricas baseiam-se no método inicial de von Lorenz (1901), que exige um aparelho especial, analista experiente, e um factor empírico, mas dá bons resultados. As concentrações de ácido sulfúrico, citrato, molibdato, acidez e tempo de repouso do precipitado têm de ser mantidas para se obter boa reprodutibilidade.

c) Método do quinolinamolibdato

O doseamento de P_2O_5 como quinolinafosfomolibdato é uma modificação do método anterior apresentada por Wilson (1951), que tem sido adaptado à gravimetria (Perrin-Wilson) e à volumetria, dando boa reprodutibilidade.

d) Métodos espectrofotométricos

A divulgação de espectrofotómetros que permitem grande precisão levou a considerarem-se vários métodos colorimétricos aplicáveis ao doseamento do fósforo nos adubos e a estudarem-se as condições melhores para a sua aplicação. Além disto as técnicas gravimétricas são demoradas e inexactas devido aos fenómenos de coprecipitação, adsorção, etc., o que também se verifica na titulimetria após precipitação, enquanto os métodos fotométricos, principalmente diferenciais, são precisos.

Neste campo têm merecido maior interesse os métodos acetomolíbdicos, do molibdovanadato, do quinolina molibdato e dos azuis de molibdénio.

O método acetomolíbdico é baseado na cor do complexo formado pelo fosfomolibdato e pelos iões acéticos.

Do método do molibdovanadato iremos tratar mais especificadamente a seguir.

A técnica espectrofotométrica de doseamento do P_2O_5 baseada no método Wilson do quinolinamolibdato tem sido muito estudada e conduz a bons resultados.

O método dos complexos azuis de molibdénio obtidos pela redução do fosfomolibdato compreende várias modificações em que se usam redutores diferentes e se precisam as condições operatórias que conduzem a melhores resultados.

Vamos ocupar-nos apenas do doseamento do P_2O_5 solúvel na água, e solúvel na água e no citrato (APA), por serem estes os problemas que mais interessam ao nosso Laboratório.

Procurámos substituir as técnicas indicadas nos métodos oficiais portugueses (1917) por outras menos demoradas e de maior rigor. Assim, depois de bem experimentadas, adoptámos as técnicas oficialmente aceites pelo A.O.A.C., (Association of Official Agricultural Chemists) determinando-se o teor de P_2O_5 gravimètricamente, pelo fosfato-amoníaco-magnesiano, directamente para o solúvel na água e indirectamente (por diferença) para o APA, doseando-se neste último caso o P_2O_5 total e o P_2O_5 insolúvel em citrato, obtendo-se resultados reprodutíveis e satisfatórios.

Com o intuito de mais ràpidamente se fazerem as análises de adubos fosfatados, e com a aquisição do espectrofotómetro Beckman DU, estudámos atentamente uma técnica já indicada no A.O.A.C. para o P_2O_5 total e que aplicámos ao nosso problema do P_2O_5 APA apresentando os resultados já obtidos em comparação com os do método gravimétrico A.O.A.C.

II — MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DE DETERMINAÇÃO DO FÓSFORO NOS ADUBOS, PELO MOLIBDOVANADATO

Este método simples, rápido e reprodutível baseia-se na formação do complexo corado quando se junta uma solução ácida da mistura molibdato-vanadato a uma solução contendo ortofosfatos. Pode considerar-se uma variante do método de Wilson. A composição do complexo amarelo fosfovanadomolíbdico é contudo incerta.

É evidente que só é aplicável a produtos que dêem soluções coradas e que não contenham outras substâncias que formem complexos com o Reagente.

A princípio os resultados eram muito discordantes dos do método amoníano-magnesiano, mas estudando-se as variáveis que se encontram no processo e as formas de eliminar as diversas interferências, elaborou-se uma técnina que permite melhor aproximação dos resultados gravimétricos.

As condições de temperatura, concentração dos reagentes, duração do complexo, etc., foram averiguadas.

O ferro e o citrato são as interferências mais significativas mas o primeiro, nas concentrações em que existe normalmente em superfosfatos, não afecta os resultados, e a influência do citrato é considerada no doseamento do P_2O_5 APA.

O complexo tem o máximo de absorção a 400 mμ e é necessário deixar desenvolver a cor após a adição do Reagente, durante 15 minutos, à temperatura ordinária. Depois o complexo mantem-se durante uns 5 dias.

Verificou-se que as leituras feitas em relação à solução de referência da mesma idade se mantêm; se forem efectuadas contra uma solução mais recente, a densidade óptica é ligeiramente mais alta de dia para dia. As curvas padrão obtidas no espectrofómetro Beckman DU seguem a lei de Beer até cerca de 9 mg P_2O_5/100 ml sendo necessária uma escala bastante larga para diminuir quanto possível os erros de leitura nos adubos mais concentrados.

As tinas devem passar-se 3 vezes pela solução antes de se encherem e o ideal era usar sempre a mesma para a solução de referência e a mesma para a solução problema. Para evitar as diferenças entre tinas podem fazer-se 2 leituras da mesma solução trocando as tinas do ensaio e da solução de referência e tomando a média. A qualidade da sílica das células também é importante o que verificámos acidentalmente pois uma tina de origem diferente avolumava os erros. Usámos sempre tinas de 1 cm.

A) *P_2O_5 solúvel na água*

1 — Fundamento

A uma parte alíquota da solução aquosa de adubo adiciona-se o reagente vanadomolíbdico e completa-se o volume de 100 ml. Deixa-se desenvolver a cor 15 minutos e mede-se a absorção a 400 mμ.

2 — Reagentes

Solução de molibdovanadato

sol. A: Dissolver 20 g de molibdato de amónio, tetrahidratado, em 200 ml de água quente. Arrefecer.

sol. B: Dissolver lg de metavanadato de amónio em 125 ml de água quente. Arrefecer. Adicionar 125 ml de ácido perclórico a 70 %. Arrefecer.

Adicionar gradualmente a solução A à solução B agitando constantemente para balão de 1 litro. Completar o volume.

Solução padrão de fosfatos

Pesar 0,9585 g de fosfato diácido de potássio puro, seco na estufa a 105°C durante 2 h, dissolver e passar a balão de 1 litro. Completar o volume e homogeneizar.

1 ml <> 0,5 mg P_2O_5

3 — Preparação da solução de adubo

Depois de fazer a amostragem do adubo, passá-lo ao peneiro ASTM n.° 12. Pesar 1,0000 g e deixar em água, num almofariz, durante uns 15 minutos, agitando de vez em quando. Passar através de filtro para balão de 500 ml (se o teor em P_2O_5 for inferior a 30 %) ou para balão de 1000 ml (se o teor em P_2O_5 for superior a 30 %), com pequenas porções de água, deixando escoar bem de cada vez, o que demora mais de 1 h. Lavar bem o almofariz e o filtro e por fim completar o volume com água destilada. Homogeneizar e deixar 2 h em repouso ou de um dia para o outro.

4 — Construção da curva padrão

Fazer tomas de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 ml da solução padrão de fostatos para balões de 100 ml. Adicionar a cada balão 50 ml de água destilada. Agitar. Deitar em cada balão 20,0 ml do Reagente vanadomolíbdico, diluir a 100 ml e homogeneizar. Passados 15 minutos ler a absorção e 400 mμ, no espectrofotómetro Beckman DU:

a) Tomando como solução de referência a que contém lmg P_2O_5

Condições operatórias: s = 4; l = 0,1 mm

A curva obtida segue a lei de Beer.

b) Tomando como solução de referência a dos reagentes

Condições operatórias: s = 4; l = 0,08 mm